

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **Часова змінність стоку води в нижній течії р.Дунай
під впливом природних і антропогенних факторів**

Виконала студентка групи ГО-19
спеціальності 103 Науки про Землю
Волкова Маріям Юріївна

Керівник д-р геогр. наук, проф.
Шакірзанова Жаннетта Рашидівна

Консультант _____

Рецензент д-р геогр. наук, проф.
Берлінський Микола Анатолійович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут
Кафедра Гідрології суші
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Т.в.о. завідувач кафедри гідрології суші
д-р геогр. наук, проф. Овчарук В.А.
“ 01 ” травня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту(ці) Волковій Маріям Юріївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Часова змінність стоку води в нижній течії р. Дунай під впливом природних і антропогенних факторів

керівник роботи Шакірзанова Жаннетта Рашидівна, д-р геогр. наук, проф.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “29” квітня 2023 року № 53 - «С»

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи багаторічні дані стокових спостережень р. Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл (річні, місячні, максимальні, мінімальні рівні води, витрати води) Державного водного кадастру, монографічні і довідкові видання, спостереження Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (ДГМО, м. Ізмаїл).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) вивчення фізико-географічних умов формування стоку дельти Дунаю, кліматична характеристика дельти, гідрометеорологічна вивченість басейну;

2) господарська діяльність в дельті. Оцінка водних ресурсів і водогосподарські проекти. Оцінка водовіддачі системи водних ресурсів;

3) гідрологічний режим р. Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл;

4) часова змінність стоку води в нижній течії р. Дунай під впливом природних і антропогенних факторів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Фізико-географічна карта басейну дельти Дунаю, карта ґрунтів і рослинності, гідрографічна мережа дельти Дунаю, гідрометеорологічна вивченість території,

хронологічні графіки ходу рівнів і витрат води за багаторічний період (станом на 2020р.)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01 травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вивчення фізико-географічних умов формування стоку дельти Дунаю, гідрометеорологічна вивченість басейну.	01.05-07.05	90	відм
2	Кліматична характеристика дельти.	8.05-10.05	85	добре
3	Господарська діяльність в дельті. Оцінка водних ресурсів і водогосподарські проекти. Оцінка водовіддачі системи водних ресурсів.	11.05-13.05	85	добре
4	Гідрологічний режим р. Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл.	14.05-22.05	80	добре
5	Рубіжна атестація	22.05-26.05	75%	
6	Часова змінність стоку води в нижній течії р. Дунай під впливом природних і антропогенних факторів.	23.05-31.05	85	добре
7	Оформлення роботи	1.06-4.06		
8	Перевірка роботи на плагіат	05.06-07.06		
9	Підготовка доповіді, презентації	07.06-14.06		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		85	добре

Студентка

(підпис)

Волкова М.Ю.

(прізвище ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шакірзанова Ж.Р

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

		Стор.
	ВСТУП.....	6
1	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЛЬТИ ДУНАЮ.....	8
	1.1 Рельєф.....	10
	1.2 Гідрографічна мережа.....	11
	1.3 Ґрунти, рослинність.....	14
	1.3.1 Загальні відомості.....	14
	1.3.2 Ґрунти.....	15
	1.3.3 Рослинність.....	17
	1.4 Кліматична характеристика дельти.....	19
	1.4.1 Особливості циркуляції атмосфери.....	20
	1.4.2 Температура повітря.....	21
	1.4.3 Атмосферні опади.....	25
	1.4.4 Випаровування.....	28
	1.4.5 Вологість повітря та вітер.....	29
	1.4.6 Особливі явища погоди.....	30
	1.5 Сучасні кліматичні зміни в Чорноморському регіоні.....	30
	1.6 Гідрометеорологічна вивченість території та вихідні матеріали.....	31
2	ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ В ДЕЛЬТІ ДУНАЮ.....	34
	2.1 Оцінка водних ресурсів і господарські проекти.....	34
	2.2 Оцінка водовіддачі системи водних ресурсів.....	37
	2.2.1 Поняття водовіддачі.....	37
	2.2.2 Класифікація водовіддачі.....	40
	2.2.3 Основні параметри водовіддачі.....	42
	2.2.4 Вплив антропогенної діяльності.....	44
	2.2.5 Зміна клімату.....	45

2.3	Господарська діяльність в дельті.....	46
2.3.1	Рибне господарство.....	47
2.3.2	Водогосподарські заходи.....	47
2.3.3	Природоохоронна діяльність.....	47
2.3.4	Рекреаційно-туристична діяльність у дельті Дунаю...	48
3	ГІДРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ Р. ДУНАЙ НА ДІЛЯНЦІ РЕНІ-ІЗМАЇЛ.....	49
3.1	Гідрологічний режим рівнів води.....	50
3.2	Гідрологічний режим стоку води.....	56
4	ЧАСОВА ЗМІННІСТЬ СТОКУ ВОДИ В НИЖНІЙ ТЕЧІЇ Р.ДУНАЙ ПІД ВПЛИВОМ ПРИРОДНИХ І АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ.....	61
4.1	Статистичні методи оцінки впливу антропогенних факторів на окремі складові гідрологічного режиму річок.....	61
4.2	Розділення багаторічного ряду витрат води для урахування антропогенного впливу на річковий стік.....	67
4.3	Дослідження часової мінливості в багаторічних рядах стоку води в нижній течії річки Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл..	68
4.4	Статистичні параметри рядів витрат води.....	75
	ВИСНОВКИ.....	77
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	79

ВСТУП

Актуальність теми. Регіон Українського Придунав'я характеризується своїм унікальним природно-ресурсним потенціалом. Наявність значних водних ресурсів Дунаю в умовах засушливого клімату регіону багато в чому зумовили історію розвитку Придунав'я.

Основні напрями виробничої діяльності по управлінню водними ресурсами України полягають у оцінці водних ресурсів, що вкрай важлива для сталого і раціонального використання світових водних запасів для питних цілей, виробництва продовольчих товарів, гігієни та інших основних соціальних і економічних потреб. Комплексний підхід до водогосподарського планування та управління в межах річкового басейну відповідає цілям водогосподарського проектування.

Для оцінки водних ресурсів, створення водогосподарських проектів в умовах економічного розвитку та виробничої діяльності по управлінню водними ресурсами Придунайського регіону країни винятково важливе значення має аналіз господарської діяльності в дельті, дослідження гідрологічних характеристик водного режиму української частини річки Дунай.

Мета роботи. Проаналізувати фізико-географічні та кліматичні умови формування річкового стоку в дельті, господарську діяльність та фактори антропогенного впливу на стік води, дослідити гідрологічний режим української частини річки Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл (рівнів, витрат води) та здійснити статистичну оцінку витрат води (річних, максимальних, мінімальних) за багаторічний період спостережень (станом на 2020 р.).

Результати, отримані в даному дослідженні можуть використовуватися при обґрунтуванні ефективності регулювання режимом української частини р. Дунай з метою водопостачання і зрошування, що сприятиме соціально-економічному розвитку всього Придунайського регіону в цілому.

Об'єктом дослідження є гідрологічний режим української частини річки Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати досліджень гідрологічного режиму української частини річки Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл доцільно використати при розробці Плану управління районом річкового басейну Дунаю (в межах суббасейну Нижнього Дунаю).

Тема роботи увійшла складовою частиною в наукову тематику кафедри гідрології суші за кафедральною темою «Регіональні наукові дослідження в області гідрологічних розрахунків і прогнозів водного режиму річок і водойм України» (№ ДР 0118U001221, 2018-2022 рр.), розділ 6, п. 6.1.4 «Гідрологічний режим річки Дунай» (заключний звіт, 2022 р.).

Апробація роботи. Основні результати доповідались автором на студентських наукових конференціях Одеського державного екологічного університету (2022, 2023 р.), підготовлено статті у матеріалах конференцій, на наукових студентських семінарах кафедри гідрології суші у 2021-2023 рр., підготовлено доповіді з презентацією.

Список друкованих праць автора.

1. Волкова М.Ю. Основні напрями виробничої діяльності по управлінню водними ресурсами України та аналіз умов формування стоку весняного водопілля 2021-2022 р. *Матеріали Студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету - 2022, 11-18 травня 2022 р.*, Одеса: ОДЕКУ. 2022. С. 211-215.
2. Волкова М.Ю. Часова змінність стоку води в нижній течії р.Дунай під впливом природних і антропогенних факторів. *Матеріали Студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету - 2023, 10-17 травня, Одеса: ОДЕКУ. 2023. С.461-465.*

Оригінальність роботи за системою MY.PLAG.COM.UA становить 90%.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЛЬТИ ДУНАЮ

Придельтова ділянка і дельта Дунаю займають найнижчу, приморську частину долини річки, що розширюється до Чорного моря. Ця низова територія обмежена з півночі Буджакським, і з півдня Добруджським плато. У результаті післяльодовикового підвищення рівня Чорного моря ця частина долини Дунаю була затоплена, і тут сформувалася велика Дунайська затока. У цій затоці-лагуні, блокованій з боку моря величезним пересипом, утворилася сучасна (голоценова) дельта Дунаю [1].

Сучасна дельта Дунаю є верхньою частиною щодо молоді товщі річкових, озерних, лагунних і морських відкладень, прорізаною густою мережею природних і штучних водотоків і водойм різного походження. Схема гідрографічної мережі гирлової області та дельти Дунаю показана на рис.1.1 [1].

Північний кордон дельти проходить від вершини дельти (місця поділу Дунаю на Кілійський і Тульчинський рукави вздовж південних берегів озер Кугурлуй, Катлабух, Китай та лагуни Сасик, охоплює північні відмерлі водотоки системи Кілійського рукава, виходить до Чорного моря. Південна межа дельти проходить від її вершини вздовж схилу Добруджського плато, охоплює правобережну заплаву всього Тульчинського рукава та верхньої частини Георгіївського рукава, а потім іде берегом озера-лагуні Розельм до Чорного моря. Східний кордон дельти збігається з її морським краєм і проходить від с. Приморського на півночі до гирла Портиці на півдні.

До складу дельти не входять придельтові водойми на північ від Кілійського рукава та озерно-лагунний комплекс Разельм-Сине, а також місцеві водозбори цих водойм.

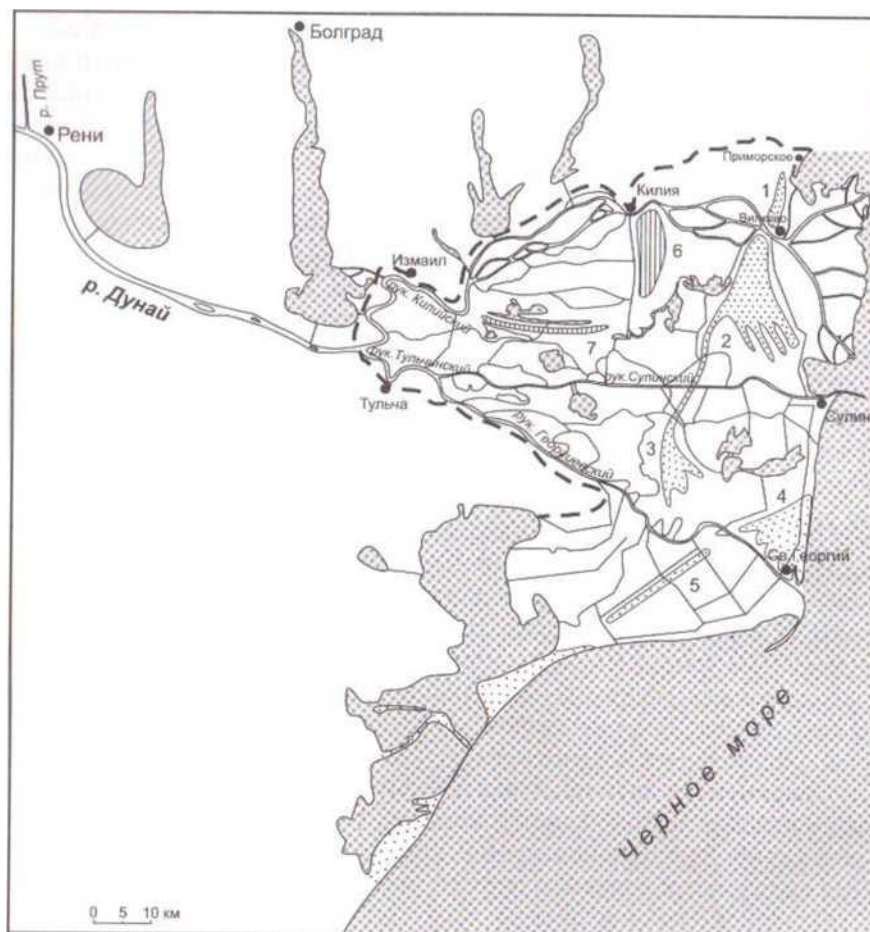


Рис. 1.1. Схема гідрографічної мережі гирлової області та дельти Дунаю [1]

Умовні позначення:

Штриховою лінією дана сухопутна межа дельти, більш темним тоном показані придунайські, придельтові і дельтові водоймища, а також прибріжна зона моря.

Гряди (піщані дані крапками, корінні - штрихуванням): 1 - Жебріанська, 2 - Летя, 3 - Караорман, 4 - Серетуріле, 5 - Краснікол, 6 - Кілійська, 7 - Стіпок.

Площа української частини дельти за розрахунками складає близько 830 км² за останніми оцінками [2].

Площа поверхні дельти, укладеної між крайнім північним Кілійським рукавом і крайнім південним Георгіївським дорівнює 2540 км².

Протяжність дельти від її вершини вздовж Кілійського рукава становить 116 км, а прямо до морського краю дельти – 70-80 км; довжина морського краю дельти близько 190 км [1].

Середня висота поверхні дельти над рівнем Чорного моря становить 0,52 м; середній ухил поверхні дельти – 0,006%. Діапазон відміток поверхні дельти становить від 12,4 м над рівнем Чорного моря (дюни гряди Летя) до -3 м (дно в деяких озерах у приморській частині дельти); 20% площі дельти лежить на відмітках нижче 0 м, решта 80% площі поверхні дельти мають позначки висот понад 0 м над рівнем Чорного моря: від 0 до 1 м - 55%, від 1 до 2 м - 18%. Максимальні глибини у водотоках дельти: у Кілійському рукаві 39 м, Тульчинському 34 м та Георгіївському 26 м [2].

Природна (чи лише частково перетворена) руслова мережа дельти Дунаю (рукави, протоки) має довжину 1743 км [2]. В останні десятиліття тут побудовано нові великі канали: «13 миля» (1981), що подає воду із Сулинського рукава у бік каналу Караорман; "35 миля" (1983); прорізи, що спрямовують закрути Георгіївського рукава (1981-1992) та ін.

Сучасний рельєф і гідрографічна мережа дельти, з одного боку, успадкували ряд рис корінного рельєфу, а з іншого, відбивають процес заповнення затоки-лагуни річковими і частково морськими наносами та поступовий розвиток дельти.

1.1 Рельєф

У рельєфі дельти чітко виявляються як позитивні, і негативні форми [3,4].

До позитивних форм рельєфу відносяться: залишки корінних порід (гряди Кілійська, Стіпок, деякі скелясті острови); природні прируслові гряди (вали) і штучні поздовжні захисні греблі; древні морські гряди (гринду), що є елементами пересипів і кіс, що колись блокували затоку-лагуну або сформувалися на морському краї стародавньої дельти (система древніх гряд

Жебріянська - Летя - Караорман і молодші Серетуріле, Красні; пляжі, дюни та коси вздовж сучасного морського краю дельти.

До негативних форм рельєфу відносяться: великі внутрішньодельтові депресії, в яких розташовані озера, плавні і болота (основні депресії в румунській частині дельти - Сиряса, Пардіна, Шонтя - Фортуна, Горгова - Узліна, Матиця - Мерхей, Рошу - Пую, Дранов) ; улоговини придельтових озер-лиманів (Ялпух з Кугурлуем, Катлабух, Китай) та озер-лагун (Сасик, Разельм, Головина, Змійка, Синоє); русла рукавів, проток, штучних каналів.

1.2 Гідрографічна мережа

Гирлова область Дунаю (рис. 1.1) є складною гідрографічною системою, що включає кілька великих пов'язаних між собою елементів: придельтову ділянку Дунаю від гирла р. Прут до вершини дельти; руслову мережу дельти - сукупність природних (рукавів, проток) та штучних водотоків; приїду травневі озера-лимани, прилеглі до придельтовому ділянці річки; дельтові (внутрішньодельтові) озера; придельтові озера-лимани; придельтові (приморські) озера-лагуни; гирлове узмор'я [1].

Придельтова ділянка Дунаю та руслова мережа дельти. Верхню межею (вершиною) придельтовій ділянці Дунаю (гирлової області Дунаю і гирлової ділянки річки загалом) може вважатися гирло р. Прут, що знаходиться в 170,3 км від гирлової ділянки рукава Прірви, від якого йде відлік кілометражу по Кілійському рукаву і Нижньому Дунаю. Відстань від порту Суліна (вустя Сулинського рукава) до гирла р. Прут складає 72,5 морських миль. Верхня частина ділянки Дунаю визначена за дальністю поширення нагонів в межень.

Придельтова ділянка Дунаю (рис. 1.1 і 1.2) однорукавна, великих закрутів не має. Її довжина 54,3 км, ширина приблизно 800 м, середня глибина близько 9,0 м (в межень) та 11,0 м (у повені). Обидва береги ділянки Дунаю в низинних місцях обваловані. У придунайські озера Кагул і Кугурлуй

дунайська вода поступає регульованими протоками Вікета і Скунда відповідно.

У вершині дельти (Ізмаїльському Чаталі) Дунай поділяється на два рукави - Кілійський (лівий, територія України) та Тульчинський (правий, територія Румунії) [1]. Тульчинський рукав у Георгіївському Чаталі поділяється на два рукави - Сулинський (лівий) та Георгіївський (правий). Рукави Кілійський, Тульчинський, Сулинський та Георгіївський вважаються основними рукавами дельти. Кілійський рукав є прямим продовженням Дунаю в межах дельти і водоносним рукавом, тому його можна вважати головним рукавом дельти.

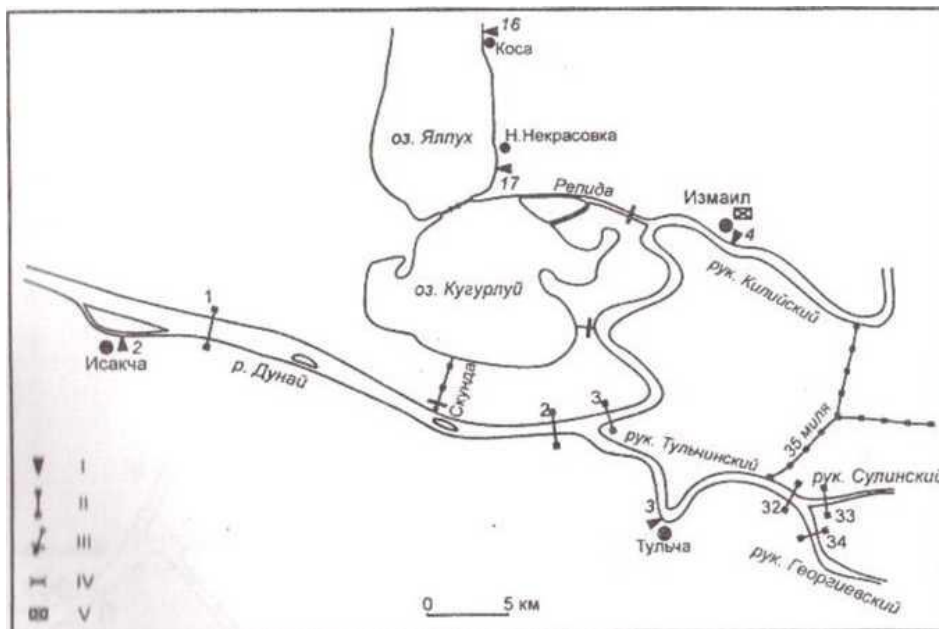


Рис. 1.2. Схема гідрографічної мережі нижньої частини при дельтовій ділянці Дунай та витоків основних рукавів дельти [1]

На рис.1.2 показано гідрологічні пости, II - гідрометричні створи, III - гідротехнічні споруди на каналах (лагеори, шлюзи), IV - мости, V - метеорологічні станції.

Руслова система Кілійського рукава складається із трьох ділянок. Перша ділянка включає звивисте русло рукава від його витoku (Ізмаїльського Чатала) до витoku рукава Кислицького і першу внутрішню дельту Кілійського рукава, що зараз складається з рукавів Кислицького

(відмираючого), основного Середнього (Кілійського) та Іванешть (друга назва) (рис. 1.2). У районі м. Кілії відгалуження Кілійського рукава знову збираються в єдине русло, чому сприяє Кілійська гряда, розташована впоперек течії рукава. Трохи вище м. Кілії основний рукав системи розбивається на низку коротких рукавів, що обтікають острови Катенька і Машенька. На ділянці Кілійського рукава, що розглядається, від основного русла або побічних рукавів відходять ліворуч зарегульована протока Репіда, що живить дунайською водою оз. Кугурлуй, канал Желявський, що подає воду в оз. Катлабух, і канал Кофа, що живить оз. Китай, праворуч - канали Сиряса і Пардіна, що відводять воду в румунську частину дельти.

Друга ділянка Кілійської руслової системи включає коротке єдине русло нижче м. Кілії та рукава другої внутрішньої дельти – Бабина (з Чернівкою), Прямої та Соломонов. У районі м. Вилкове, де Кілійський рукав перетинає систему древніх піщаних морських гряд Жебріянська - Летя, русло знову стає єдиним. На ділянці від рукава Соломонова вліво відходить великий регульований канал Дунай - Сасик.

Низинні ділянки Кілійського рукава майже протягом до м. Вилково обваловані по обох берегах і мають багато островів.

Третя ділянка Кілійського рукава починається нижче за м. Вилкове і складається зі складної та динамічної системи рукавів зовнішньої (морської), або Кілійської дельти. Руслова мережа Кілійської дельти складається із двох основних підсистем - Очаківського рукава (лівого) та Старостамбульського рукава (правого).

Тульчинський рукав відносно короткий (його довжина 17 км), має єдине русло і одну велику закрут біля р. Тульчі. Від цього рукава ліворуч відходить побудований 1983 р. канал «35 миля».

Сулинський рукав також має єдине штучно спрямоване та практично каналізоване русло. Роботи з спрямування та поглиблення Сулинського рукава були проведені в 1868-1902 рр. Нині довжина рукава становить 76 км (руслова частина від витоків - Георгіївського Чатала - до порту Суліна)

включаючи 13 км (висунуті у морі моли), тобто. Ширина рукава (каналу) становить від 130 до 160 м-коду.

Система Георгіївського рукава до 1980-х років мала довжину близько 109,5 км. У 1981-1992 рр. було спрямовано, у результаті довжина рукава скоротилася на 32,6 км, тобто на 30% проти початкової, і становила близько 77 км. У гирлі Георгіївського рукава є невелика дельта.

1.3 Ґрунти, рослинність

1.3.1 Загальні відомості

Дельта Дунаю є унікальний географічний об'єкт і найцінніший генетичний банк флори і фауни. Дельта Дунаю - це велика площа заболочених земель, яка згідно з Рамсарською конвенцією займає 8 місце серед 600 подібних природних зон світу [1].

У гирлі Дунаю налічується 30 різних водних, наземних та наземно-водних екосистем, серед яких виділяють такі основні групи: водотоки (Дунай, його рукави, канали); прісні водоймища (дельтові та придельтові озера); не пов'язані з морем солонуваті та солоні водойми; пов'язані з морем лагуни; води гирлового узмор'я; болота, плавні та рослинність по берегах водотоків та водойм; змішані дубові ліси на грядах Летя та Караорман; чагарники та луки; піщані дюни та приморські пляжі; сільськогосподарські угіддя; міста та селища.

Екологічні умови дельти Дунаю відрізняються великим біорізноманіттям; тут налічують понад 5000 видів флори та фауни. За оцінками, зробленими в 1980-х роках (Зайцев, Прокопенко, 1989), лише в українській частині дельти налічується близько 800 видів фітопланктону, 50 видів фітобентосу, 600 видів вищої рослинності, близько 300 видів зоопланктону, понад 250 видів виду риби, 9 видів земноводних, 7 видів

плазунів, близько 230 видів птахів, близько 25 видів ссавців. До цього переліку не включено низку інших організмів, наприклад гриби та комахи.

Деякі популяції тварин у дельті Дунаю є унікальними. Тут мешкає найбільша в Європі колонія пеліканів, 60% світової популяції малого баклана, 50% світової чисельності червонозобої казарки.

У дельті Дунаю знаходиться найбільша у світі площа, зайнята очеретом (1560 км²).

1.3.2 Ґрунти

Основні особливості формування ґрунтового покриву в дельті Дунаю такі: 1) різноманіття форм рельєфу, розмаїтість вологи і змінний режим затоплення земель визначають дуже велика різноманітність типів ґрунтів і мозаїчність їх поширення; 2) найбільш сприятливі умови для формування ґрунтового покриву є на природних прируслових грядках (валах) та підвищених частинах дельти; 3) на постійно покритих водою землях ґрунту практично відсутні; 4) багата рослинність служить джерелами збагачення ґрунтів гумусом та органічною речовиною.

Існує кілька різних класифікацій ґрунтів дельти Дунаю. Згідно з першою з них [3], ґрунти дельти поділяються на п'ять типів: тростинні плавні, у тому числі плаур (кобли, сплавини) - плаваючі очеретяні острови на дельтових озерах; озерно-болотні; алювіальні; каштанові; чорноземи.

За другою класифікацією, що використовується в практиці сільськогосподарського освоєння дельти Дунаю [3], виділяють п'ять інших типів ґрунтів: алювіально-дернові; лугові; лучно-болотні; болотяні; солончакові.

У румунській частині дельти використовується третя класифікація ґрунтів [2]: алювіальні (у румунській частині дельти на частку припадає 13,3% площі); озерні (затоплені) (17,3%); глейові (21,8%); піщані (15,6%);

солончаки (2,0%); червоноземи (0,2%); органічні (27,2%); антропогенні (2,6%).

Карта-схема ґрунтів Придунайського регіону приведена на рис.1.3 [5].

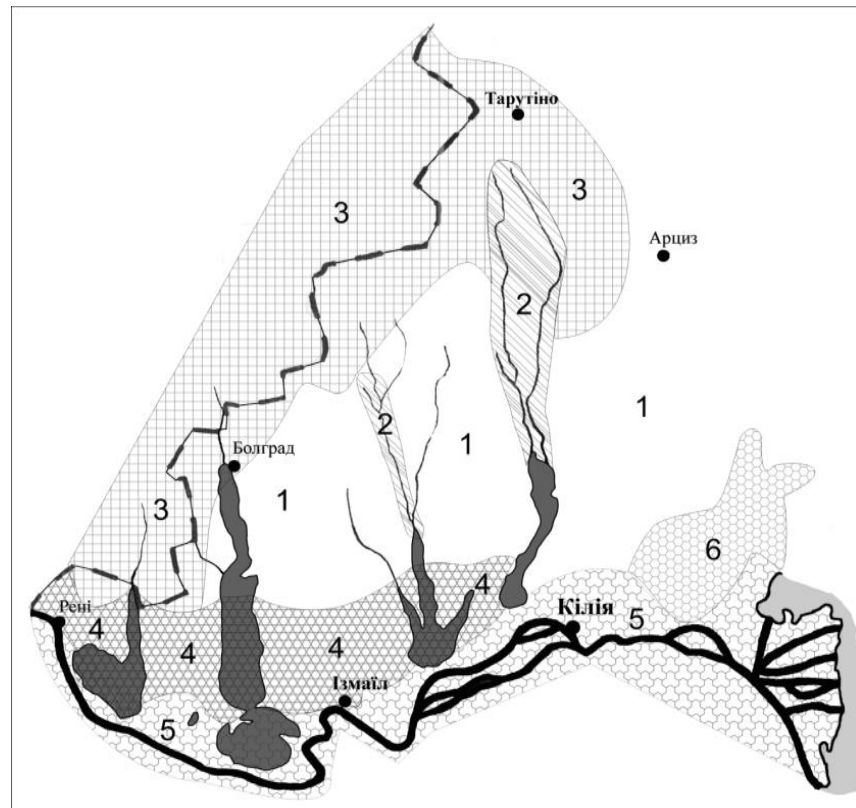


Рис. 1.3 - Карта – схема ґрунтів Придунайського регіону [5]

Умовні позначення:

- 1 - чорноземи південні важкосуглинисті та глинисті;
- 2 - лугові хлоридно – сульфатні солончакові ґрунти і солончаки;
- 3 - чорноземи звичайні малогумусні важкосуглинисті в комплексі з середньо- та сильнозмитими;
- 4 – темнокаштанові несолонцюваті середньосуглинисті ґрунти;
- 5 – торф'яно – болотні ґрунти та торф'яники;
- 6 – чорноземи південні солонцюваті важкосуглинисті.

1.3.3 Рослинність

Велика кількість води, теплий клімат, висока родючість ґрунтів сприяють розвитку в дельті Дунаю виключно багатого рослинного покриву. Рослинність дельти дає поживні речовини ґрунтам, очищає воду, служить їжею тварин.

Переважними видами рослинності є вологолюбні (гідрофільні); їх частку припадає близько половини всієї площі дельти. Тростинні зарості дельти Дунаю є найкомпактнішими у світі.

Рослинність дельти ділять на кілька груп [2,3]: водна, що поділяється на підводну та надводну; плавнева (болотна); наземна (рослинність суші).

Підводна та надводна рослинність поширена в неглибоких озерах, болотах та неглибоких руслах водотоків. Її типові представники, водяний жовтець, елодея, уруть, водяний горіх, водяна папороть.

Плавнева (болотна) рослинність - це в основному очерет звичайний і рогоз вузьколистий (місцева назва папура), а також гостролист звичайний, лепешка звичайна, щоголовник, осока. Головні місця зростання очерету - депресії Шонтя - Фортуна, Пардіна, Горгова - Узліна (румунська частина дельти), острови Кілійської дельти (українська частина).

Очеря хорошої якості зустрічається на плаурі в депресіях Матица - Мерхей. У плавнях і на плаурах крім тростини ростуть також рогіз і очерет.

Рослинність суші, що росте на прируслових і стародавніх морських грядках, представлена змішаними лісами, насадженнями верби, білої тополі, чагарниками обліпихи, луговими рослинами пасовищ, сільськогосподарськими культурами.

Піщані дюни є на грядках Летя, Караорман, Серетурілі, сучасні пляжі поблизу урізу моря практично позбавлені рослинності.

Карта-схема рослинності приведена на рис.1.4 [5].

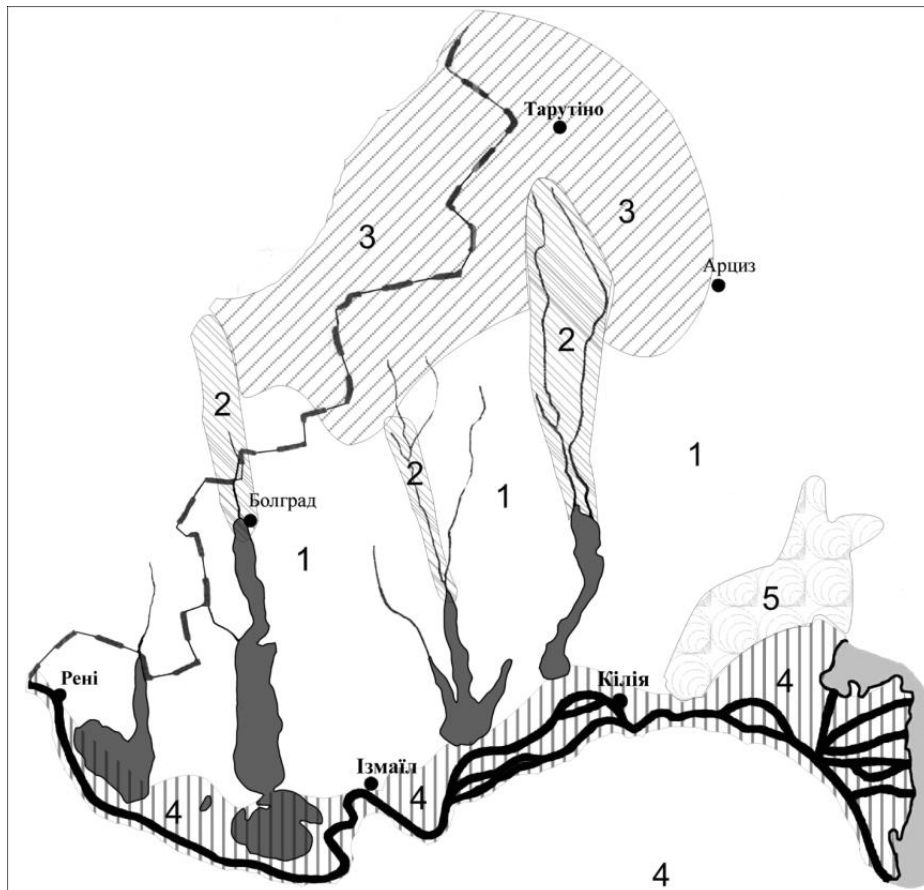


Рис. 1.4 - Карта - схема рослинності Придунайського регіону [5]

Умовні позначення:

- 1 – сільськогосподарські угіддя на місці типчакowo-ковильних степів;
- 2 - короткозаплавні солонцьowo-солончакowаті та солончакowі луки;
- 3 – сільськогосподарські угіддя на місці ліcостепу;
- 4 – трав'яні болота і тривалозаплавні луки низин Дунаю;
- 5 - полинно-типчакowo-ковильні степи (з полинню солончакowoю) в комплексі з солонцями та сільськогосподарськими угіддями.

1.4 Кліматична характеристика дельти

Кліматичні та метеорологічні умови будь-якої гирлової області, в тому числі і Дунаю, мають великий вплив на гідрологічний режим. Зміни температури повітря визначають термічний та льодовий режим водотоків та водойм. Від опадів та випаровування залежить водний баланс дельти та її водойм. Режим вітру - важливий чинник, що впливає на згінні нагінні явища і хвилювання на гирловому узмор'ї, яке, у свою чергу, впливає на динаміку гирлових барів і морського краю дельти і на процеси проникнення морських вод у рукави дельти [1].

За кліматичним районуванням, територія України розподіляється на чотири області [6]. Придунайський регіон відноситься до південної кліматичної області яка охоплює південну Україну, в тому числі й Причорномор'я. Тут переважає антициклональний тип погоди. На схід континентальність клімату зростає.

Клімат території Придунайського регіону можна охарактеризувати як сукупність помірно континентального із середземноморським з недостатнім зволоженням, короткою м'якою зимою і тривалим жарким літом [4-6].

Спостереження за метеорологічними елементами в українській частині дельти Дунаю ведуться щодня, цілодобово, у єдині терміни та відповідно до єдиних методик гідрометслужби, що застосовуються у всьому світі. Матеріали спостережень надійні. Вся вихідна гідрометеорологічна інформація є репрезентативною для регіону, а отримані результати з деяким ступенем наближення можуть бути віднесені до всієї дельти Дунаю [1].

Більшість кліматичних характеристик надаються за період кліматичної норми 1961-1990 рр. [7], а також їх часові ряди подовжені автором до 2020 р.

1.4.1 Особливості циркуляції атмосфери

Атмосферна циркуляція одна із найважливіших кліматоутворюючих чинників, оскільки закономірності перенесення і взаємодії повітряних мас різного походження та різних фізичних властивостей істотно впливають на режим температури, опадів і вітру цієї території. За класифікацією кліматів Б.П. Алісова, в основі якої покладено саме циркуляційний фактор, дельта Дунаю відноситься до зони помірного континентального клімату. Протягом усього року тут переважає континентальне повітря помірних широт (полярні повітряні маси). Проте відзначаються вторгнення як арктичних, і тропічних повітряних мас [1, 4-6].

У холодну пору року дельта Дунаю найчастіше перебуває під впливом азорського чи азійського максимумів. У першому випадку в дельту надходить морське повітря помірних широт, яке приносить теплу погоду з опадами та туманами. Посилення азійського антициклону супроводжується вторгненням у дельту континентальних повітряних мас, як полярних, і арктичних. Тоді в дельті Дунаю настають похолодання. Сильні та тривалі похолодання, пов'язані із вторгненням арктичного повітря, призводять до початку процесів льодоутворення.

У теплу пору року в пониззі Дунаю переважає західний перенос повітряних мас (широтна, або зональна форма циркуляції атмосфери). При цьому морське полярне повітря Атлантики в міру свого переміщення на схід втрачає вологу і трансформується в континентальне. У тих випадках, коли на Нижньому Дунаї встановлюється меридіональна форма циркуляції, арктичні повітряні маси під час руху на південь швидко прогриваються і в дельту Дунаю також приходять як континентальне повітря помірних широт.

Загалом зональна форма циркуляції атмосфери в дельті Дунаю є передумовою стійкої, без екстремальних явищ, погоди. Найбільш сприятливі погодні умови відзначаються тут, коли висотна фронтальна зона, вздовж якої проходять траєкторії циклонів, знаходиться в широтах, близьких до

північного полярного кола. У міру усунення висотної фронтальної зони на південь погодні умови в дельті Дунаю погіршуються, так як циклони та їх улоговини з фронтами починають на них безпосереднє вплив.

Порушення переміщення повітряних мас у широтному напрямку та встановлення меридіональної форми циркуляції викликають виникнення таких синоптичних ситуацій, як вихід південних і пірнаючих циклонів, активізація чорноморської депресії та посилення взаємодії баричних утворень протилежного знака, зміщення низьких холодних антициклонів з півночі. Найчастіше меридіональне перенесення повітряних мас спостерігається в холодну пору року. При цьому в дельті Дунаю відзначається нестійка погода та деякі погодні явища (вітер, опади, видимість) можуть досягати критеріїв стихійного гідрометеорологічного явища. Влітку меридіональна форма циркуляції з південною складовою призводить до адвекції континентального тропічного повітря, внаслідок чого в дельті Дунаю встановлюється суха і дуже спекотна погода.

1.4.2 Температура повітря

Середні місячні температури повітря простором дельти змінюються незначно. У холодну пору року (жовтень-лютий) температура повітря поблизу моря (Вилково) у середньому вище, ніж у Ізмаїлі; в теплу пору року ця різниця не така істотна.

Середня місячна та річна температура повітря наведені у табл.1.1, які обчислені в [7] з ряду спостережень за період 1961-1990 рр.

Найнижчі температури повітря спостерігаються у січні-лютому (див. табл.1.1). Перехід середньої добової температури повітря через нуль взимку відбувається у січні, і весною – наприкінці лютого. Середньорічна температура повітря дорівнює 10,3 – 10,6 °С. Влітку середньомісячна температура складає 20,0 - 22,2 °С.

Таблиця 1.1

Середня місячна та річна температури повітря (°C) [7]

140. Болград													
Середня	-2,2	-0,7	3,7	10,4	16,3	20,0	21,6	21,1	16,9	10,9	5,3	0,4	10,3
Середнє квадратичне відхилення	2,9	2,9	2,6	1,8	1,4	1,1	1,1	1,3	1,2	1,7	2,2	1,8	0,7
Найбільш низька	-9,8	-11,2	-2,6	6,1	13,2	17,8	19,5	17,9	14,2	7,1	-1,0	-5,5	8,8
Рік	1963	1954	1932	1929	1940	1949	1969	1976	1959	1947	1993	1948	1985
Найбільш висока	5,2	5,8	9,3	13,4	19,9	23,4	25,8	25,3	20,1	15,8	11,8	5,9	11,9
Рік	1936	2002	1990	1972	1958	1924	1938	1946	1924	1932	1923	1960	1990
142. Ізмаїл													
Середня	-1,7	-0,1	4,0	10,5	16,2	20,1	21,8	21,2	17,0	11,0	5,7	1,0	10,6
Середнє квадратичне відхилення	2,7	2,9	2,4	1,7	1,3	1,0	1,1	1,2	1,0	1,6	2,3	1,7	0,7
Найбільш низька	-9,0	-10,6	-1,9	6,5	14,1	18,1	19,9	18,2	14,9	7,5	-0,1	-5,0	9,1
Рік	1963	1954	1987	1929	1952	1925	1969	1976	1889	1951	1993	1890	1985
Найбільш висока	4,2	6,3	9,0	13,4	19,3	23,5	24,8	25,4	21,7	15,5	12,7	7,3	12,0
Рік	1948	2002	1990	1972	1958	1924	1959	1890	1924	1923	1923	1886	1990

Нерідко у зимовий період спостерігаються температури повітря вище нуля. Абсолютні максимуми у зимові місяці в Придунайському регіоні сягали 17 - 23 °С. У той же час, абсолютні мінімуми у літній період становили 5 - 7 °С.

Стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°С у бік негативних значень відбувається у грудні; у бік позитивних – наприкінці лютого. Середня тривалість періоду з негативною середньою добовою температурою повітря становить близько 50 днів; тривалість морозного періоду, який обмежений датами першого та останнього морозів, становить у середньому 164 дні в Ізмаїлі та 143 дні у Вилковому.

Аналіз даних спостережень за температурою повітря по метеорологічних станціях Болград і Ізмаїл (за період спостережень 1961-2020 рр.) авторів [8] у цілому підтверджує наявні дані про сучасне потепління приземної атмосфери. Про це свідчить часовий хід річних температур повітря на метеостанціях, показаний на рис.1.5. За дослідженням авторів [8] за період 1961-2020 рр. спостерігається тенденція до підвищення температур повітря в середньому на 1,8°С для Болграда і 2,0°С – для Ізмаїла. Коефіцієнти кореляції для обох станцій значущі.

Різницево-інтегральні криві середніх річних температур повітря (рис.1.6), показали, що в цілому на обох метеостанціях з 1961 р. до 1998 р. спостерігалася убутна фаза, а з 1999 р. – стрімке підвищення річних температур повітря (при збільшенні їх наростання з 2008 р.).

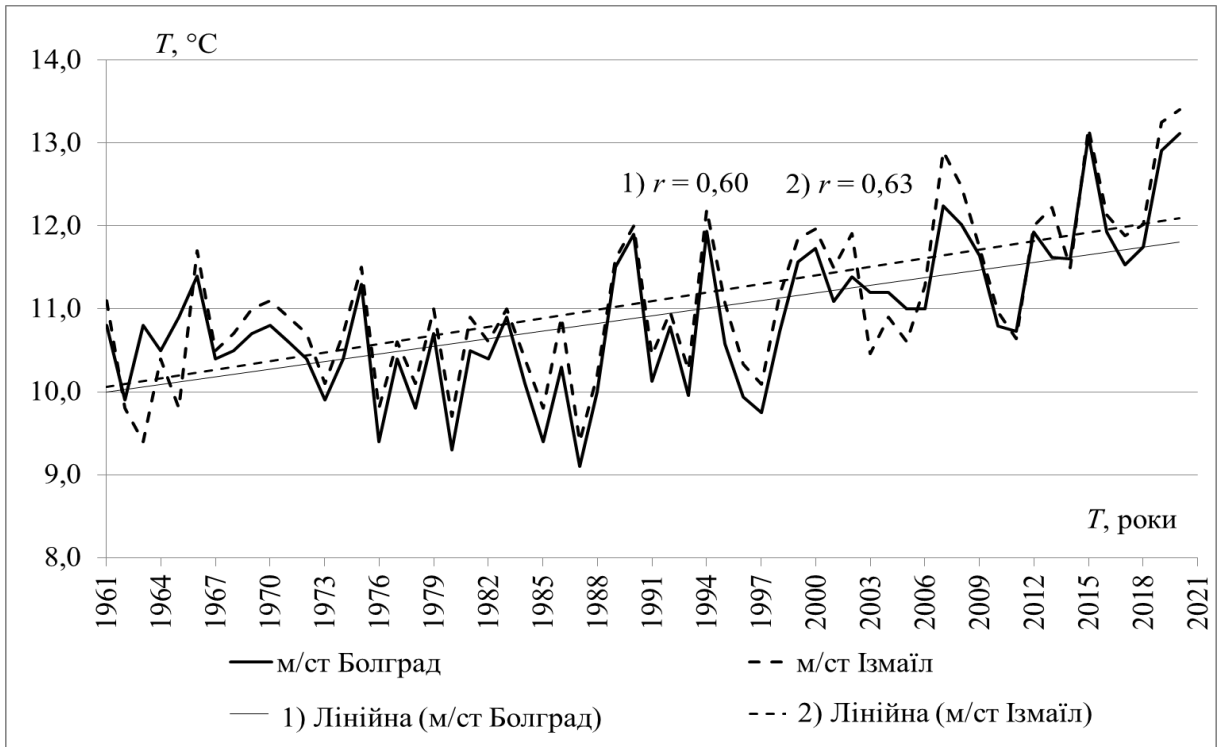


Рисунок 1.5 - Хронологічний графік річних температур повітря по м/ст Болград та м/ст Ізмаїл (1961 по 2020 рр.) [8]

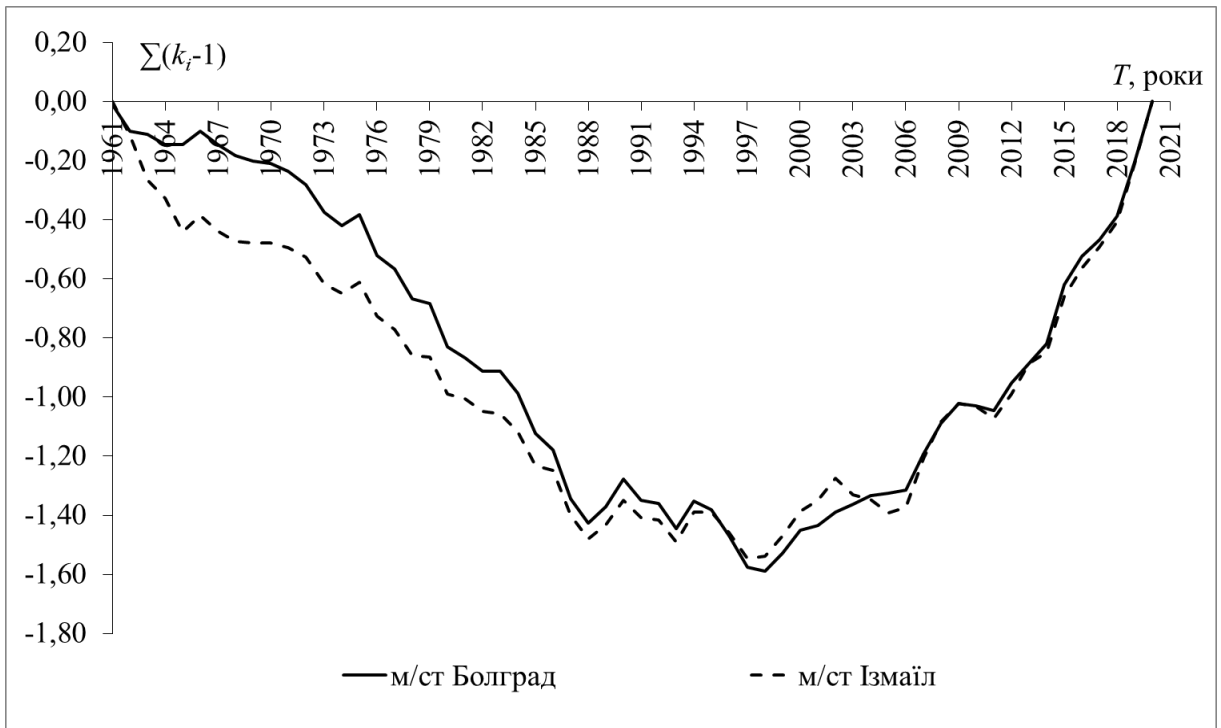


Рисунок 1.6 - Різницево-інтегральна крива річних температур повітря по м/ст Болград та м/ст Ізмаїл (1961-2020 рр.) [8]

1.4.3 Атмосферні опади

Територія дельти Дунаю зволожується атмосферними опадами досить рівномірно, з невеликим зменшенням їх кількості до моря.

Середньомісячні та середньорічні величини опадів по м/ст Болград та Ізмаїл наведені у табл.1.2. Результати обчислені в [7] за місячними даними з 1960 по 1990 рр.

Як видно з табл.1.2, більше половини річної суми опадів випадає, як правило, у теплу пору року (квітень-вересень). Влітку опади випадають переважно у вигляді злив. На цей період припадають абсолютні максимуми добової кількості опадів за весь період спостережень - у Ізмаїлі (98,4 мм). Місячні максимуми опадів (203 мм) відмічені в Болграді в 1985 р. та 193 мм – Ізмаїлі у 1923 р. Сильні зливи (більше 60 мм на добу) спостерігаються в дельті Дунаю приблизно 1 раз на 5-7 років.

Для холодного періоду року характерні опади (зимою у вигляді снігу). Сніговий покрив зазвичай нестійкий, взимку він кілька разів повністю сходить і знову встановлюється. Висота снігового покриву в середньому становить 2-6 см. Середня тривалість періоду зі сніговим покривом близько 25-30 днів; у окремі зими сніг зберігається протягом 60-80 днів. Суворі зими з рясними снігопадами бувають приблизно 1 раз на 10 років.

Середнє річне число днів з опадами становить 120-130, при цьому найчастіше опади випадають у зимові місяці: грудні-лютому нараховується в середньому від 12 до 14 днів з опадами кожного з цих місяців. Найменша кількість днів з опадами в дельті Дунаю посідає серпень-вересень (близько 7 днів). При цьому середня інтенсивність опадів влітку вдвічі вища, ніж узимку.

Таблиця 1.2 – Середньомісячні та середньорічні величини опадів по м/ст Болград та Ізмаїл (1960-1990 рр.) [7]

Місяць	Станція	
	Болград	Ізмаїл
I	29,1	30,4
II	30,3	32,0
III	29,2	29,2
IV	33,8	34,3
V	48,9	44,7
VI	70,5	57,8
VII	50,4	48,6
VIII	49,8	37,6
IX	41,1	38,9
X	27,4	28,0
XI	39,4	39,6
XII	36,0	37,3
Рік	487,0	461,4

В роботі [8] досліджено часовий хід річних сум опадів на метеостанціях Болград (1945-2020 рр.) та Ізмаїл (1949-2020 рр.) у вигляді їх хронологічних графіків (рис. 1.7) та різницево-інтегральних кривих (рис.1.8). В цілому спостерігається синхронність ходу річних сум опадів по обох метеостанціях (відстань між станціями 48 км).

Виявлено, що часові тренди сум річних опадів як для м/ст Болград, так і м/ст Ізмаїл є незначущими, тобто вираженої їх тенденції у багаторічному періоді не виявлено (рис.1.7).

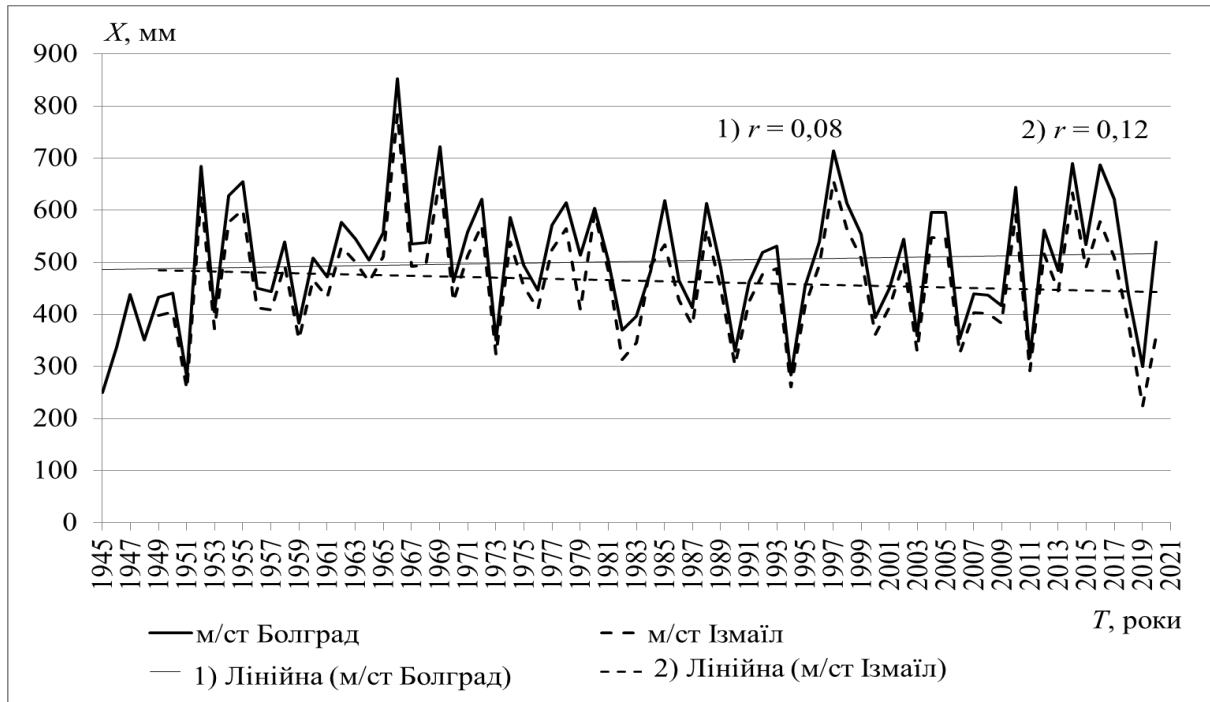


Рисунок 1.7 – Хронологічний графік річних сум опадів по м/ст Болград (1945-2020 рр.) та м/ст Ізмаїл (1949-2020 рр.) [8]

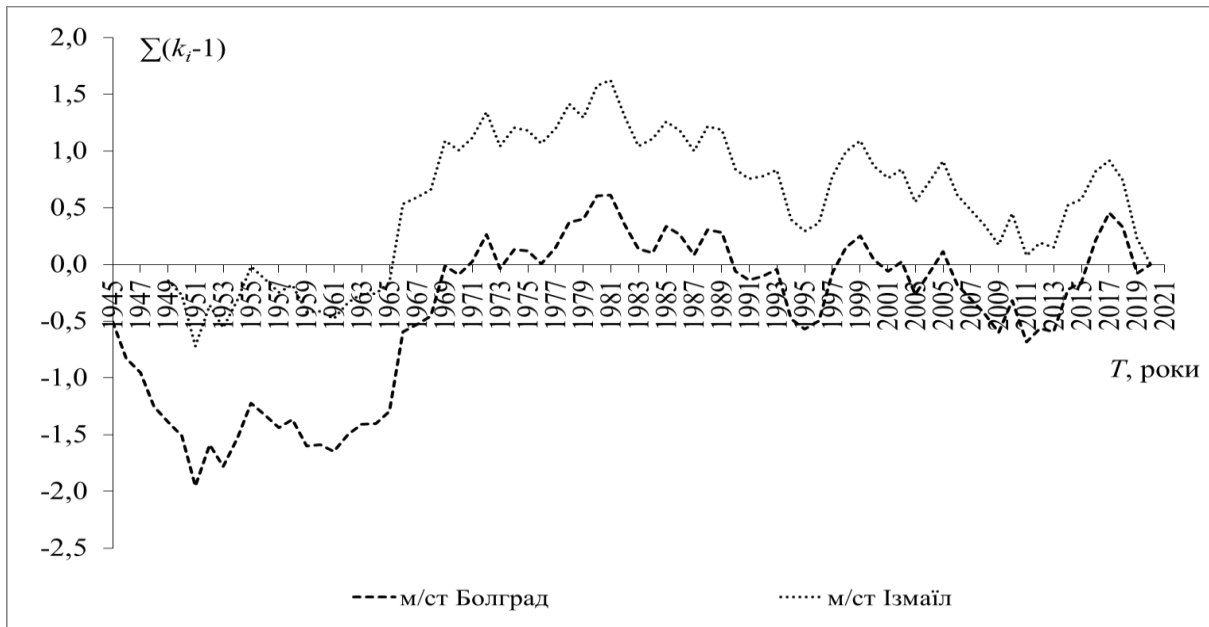


Рисунок 1.8 – Різницево-інтегральна крива річних сум опадів по м/ст Болград (1945-2020 рр.) та м/ст Ізмаїл (1949-2020 рр.) [8]

За аналізом різницево-інтегральних кривих $\sum(k_i - 1) = f(T)$ по м/ст Болград та м/ст Ізмаїл (рис.1.8) встановлено, що у період з 1945 по 1961 рр. спостерігається суха фаза, в період з 1962 р. має місце волога фаза, а з 1982 рр. – знов суха фаза у коливаннях річних сум опадів з незначними коливаннями.

1.4.4 Випаровування

Випаровування визначається радіаційним балансом, а його річна величина (максимально можливого випаровування) становить для району гирла Дунаю становить близько 900-1000 мм [1]. Згідно з монографією [3], фактичне випаровування в дельті Дунаю залежить від характеру підстилаючої поверхні. З відкритої водної поверхні випаровується в середньому за рік 810 мм води, з чагарників – 1200-1300 мм, з пасовищ та сільськогосподарських угідь – 970 мм, з площ, не зайнятих рослинністю, – 640 мм. Середній річний шар випаровування із поверхні всієї дельти становить 1050 мм, тобто приблизно дорівнює величині випаровуваності (рис.1.9). В останні роки (2018-2020 р.) спостерігається підвищення річного випаровування до 1150-1400 мм.

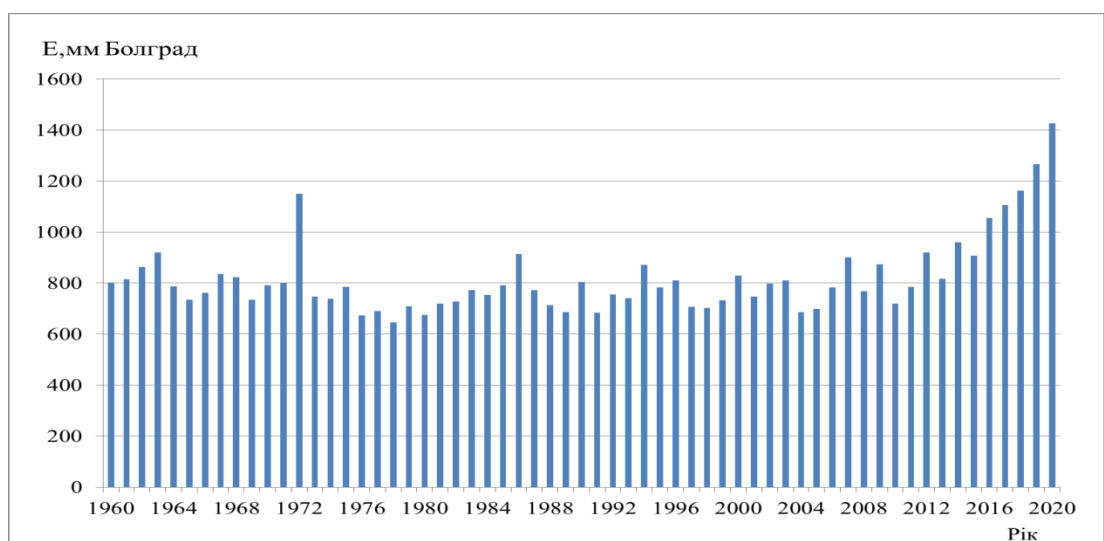


Рисунок 1.9 – Хронологічний графік річних сум випаровування по м/ст Болград (1945-2020 рр.)

1.4.5 Вологість повітря та вітер

У межах дельти Дунаю відносна вологість повітря досить значна (в середньому 80%) і помітно зростає у напрямку моря. Вологість повітря в дельті Дунаю у середньому становить 80%. Взимку вологість повітря зростає до 90% [1].

Вітер. Особливості вітрового режиму дельти Дунаю істотно впливають на гідрологічні процеси, що відбуваються в дельті. Найважливіші у своїй характеристики вітру на взмор'ї Дунаю.

Багаторічні зміни у вітровому режимі дельти Дунаю не дуже великі. Порівняння даних в [1] про повторюваність та середню швидкість вітру на метеостанції Ізмаїл за періоди 1945-1973 та 1974-2003 рр. показує, що за останні 30 років можна відзначити лише деяке зниження середньої швидкості вітрів північних румбів, а швидкості вітру інших напрямів залишилося практично незмінними. Зміни у повторюваності напрямів вітру за ті ж роки істотніше. Так, протягом цього року зменшилася повторюваність північних вітрів, а західних - збільшилася; в холодну пору року зменшилася повторюваність вітрів з північної та східної складової, а з південної та західної – збільшилася.

Вітри східної половини горизонту мають найбільшу довжину розгону і сприяють розвитку інтенсивного хвилювання на узгір'євому узмор'ї Дунаю. У період осінньо-зимових штормів морський край дельти зазнає активного переформування. Зокрема, у цей час гирла малих рукавів Середнього та Заводнінського були блоковані морськими наносами і ці рукави припинили своє існування як водотоки. Сильні зміни відзначаються і в морфологічній будові гирлових барів більших рукавів. Для оцінки ступеня можливого впливу хвилювання на морський край дельти однією з найважливіших характеристик вітрового режиму є тривалість безперервної дії сильних та штормових вітрів східної половини горизонту.

Зустрічаються окремі штормові роки, коли швидкості вітру перевищують 18-20 м/с. Такими штормовими сезонами були (за даними метеостанції Усть-Дунайськ), наприклад, осінньо-зимові місяці 1991/1992 та 1993/1994 років. Саме ці сезони могли відбутися істотні зміни морського краю дельти [1].

1.4.6 Особливі явища погоди

У середньому протягом року кількість днів із туманом у дельті Дунаю коливається від 36 (Вилково) до 47 (Ізмаїл) [1]. Найбільша повторюваність туманів відзначається в холодну пору року, особливо в теплі зими, коли їх кількість доходить до 15 і більше випадків на місяць. Влітку спостерігається в середньому близько одного туману на місяць. Просторовий розподіл туманів такий, що повторюваність їх зменшується з наближенням до моря.

Діяльність у дельті Дунаю починається у лютому і закінчується у грудні. Проте грози період із жовтня але березень - явище дуже рідкісне (1-2 грози на місяць протягом період спостережень). У теплу пору року (квітень-вересень) повторюваність гроз збільшується і свого максимального розвитку ця погодна тенденція досягає в червні-липні, коли в середньому відзначається по 6-7 гроз щомісяця. Середня кількість днів із грозами в дельті Дунаю змінюється від 32 (Вилкове) до 41 (Ізмаїл). Таким чином, повторюваність гроз на морському краї дельти менше, ніж у її центральній частині.

1.5 Сучасні кліматичні зміни в Чорноморському регіоні

Чорне море значно впливає на клімат південно-східної частини Європейського континенту, формуючи регіональні кліматичні особливості в даному районі [9].

В останні десятиліття в Чорноморському регіоні, у тому числі в Придунав'ї, відзначається збільшення температури повітря, викликане зміною великомасштабної циркуляції атмосфери, у вигляді збільшення повторюваності процесів антициклонічного характеру, що призводить до зниження кількості хмарності і зростання кількості короткохвильової радіації, яка надходить до підстильної поверхні. При цьому, з середини 2000-х років збільшення середньорічної температури повітря зросло. На більшій частині регіону спостерігається збереження середньорічної кількості опадів, за винятком східної частини Чорноморського узбережжя Туреччини і прибережних районів Грузії, де відзначається збільшення опадів.

У той же час, має місце деяке зростання, як інтенсивності, так і суми зимових опадів над акваторією Чорного моря. Швидкість вітру в цілому в Чорноморському регіоні демонструє зниження своїх значень, при деякому збільшенні в західній частині акваторії Чорного моря, що також пов'язано зі зміною особливостей циркуляційних процесів в Південно-Східній Європі [9].

1.6 Гідрометеорологічна вивченість території та вихідні матеріали

Перші гідрологічні дослідження в дельті Дунаю почалися у середині XIX століття у зв'язку з вибором рукава щодо міжнародного судноплавства. З 1958 року почала працювати Дунайська гирлова станція в м. Вилкове.

Пізніше (1960 р.) на базі гідрометеорологічних підрозділів, що існували на той час на радянській ділянці Дунаю була створена Дунайська гідрометеорологічна обсерваторія [1].

Гідрометеорологічна мережа включає ряд стандартних і спеціальних спостережень. Стандартні спостереження проводяться на мережі метеорологічних і гідрологічних постів, включаючи як річку Дунай, озера, так і гідроствори в рукавах дельти і на гирловому узмор'ї. Спеціальні спостереження проводяться з метою вирішення тих або інших наукових і практичних задач.

В даний час стандартна мережа гідрологічних спостережень на українській пригирловій частині р. Дунай складається з 6 річкових постів, з яких два вимірюють витрати води (Q , м³/с) - р. Дунай – м. Рені, г/с 54 міля (період дії з 1959 р.) і р. Дунай, Кілійське гирло – м. Ізмаїл, г/с 115 км (діє з 1928 р.), інші – тільки рівні води (H , см). Положення гідрологічних постів показано на рис. 1.9, а їх список і періоди спостережень за рівнями і витратами води та стоком наносів наведені в табл. 1.3 [10].

Слід зазначити, що дані про рівні води на постах м. Рені і м. Ізмаїл відносяться до 1921 р., але в режимному виданні України [10] для м. Рені характерні рівні води наведені для періоду з 1945 р. Середні і характерні витрати води за багаторічний період, а також витрати зважених наносів наводяться в [10] тільки за період 1978-2015 рр. Метеорологічні спостереження проводяться на станціях Болград, Ізмаїл, Вилкове і Усть-Дунайськ (рис. 1.10) [1].



Рисунок 1.10 – Положення гідрологічних і метеорологічних постів на українській ділянці р. Дунай [<https://2gis.ua/geo/1971342744223761>]

Таблиця 1.3 – Список гідрологічних постів на українській ділянці р. Дунай [10]

№ з/п	Індекс поста	Річка – пост	Площа водозбору F , км ²	Період спостережень (станом на 2015 р.)	
				рівні води	витрати води та стік наносів
1	42801	Дунай – м. Рені	811000	1921 - діє	-
2	42802	Дунай – м. Рені (г/с 54 міля)	811000	-	1959 - діє
3	42803	Дунай, Кілійське гирло – м. Ізмаїл (г/с 115 км)	813000	-	1928 - діє
4	42804	Дунай, Кілійське гирло – м. Ізмаїл	813000	1921-діє	-
5	42806	Дунай, Кислицьке гирло – с. Кислиця	814000	1945 - діє	-
6	42808	Дунай, Кілійське гирло – м. Кілія	816000	1921 - діє	-

2 ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ В ДЕЛЬТІ ДУНАЮ

2.1 Оцінка водних ресурсів і водогосподарські проекти

Під оцінкою водних ресурсів розуміється визначення джерел, області поширення визначаючих факторів, а також якості водних ресурсів, що є основою для визначення можливостей їх використання та регулювання (UNESCO / WMO, 1997) [11, 12]. Оцінка водних ресурсів вкрай важлива для сталого і раціонального використання світових водних запасів. Деякі причини до необхідності оцінки водних ресурсів, що підтверджують вищесказане, перераховані нижче (WMO / UNESCO, 1991):

а) з ростом населення збільшуються потреби у воді для питних цілей, виробництва продовольчих товарів, гігієни та інших основних соціальних і економічних потреб. Однак світові водні ресурси обмежені. У деяких регіонах світу потреби у водних ресурсах вже досягли своєї межі, а в багатьох інших - будуть досягнуті протягом двох найближчих десятиліть. Збереження цієї тенденції призведе до того, що до початку наступного століття світові водні джерела будуть повністю використані;

б) антропогенна діяльність стає все більш інтенсивною і різноманітною і чинить все більший і чітко виражений вплив на природні ресурси, виснажуючи їх і забруднюючи. Це, в першу чергу, відноситься до водних об'єктів багатоцільового призначення, якість води яких може бути значно знижено за рахунок фізичних впливів і скидання в них широкого спектра забруднюючих речовин: хімікатів, радіоактивними речовин, мікроорганізмів і наносів;

в) стихійні лиха, пов'язані з водою, такі як повені, посухи та тропічні циклони, стають причиною невимірних втрат людських життів і матеріальних цінностей протягом усього ходу історії. Вирубка лісів і урбанізація значно збільшують небезпеку катастрофічних повеней, їх масштаби і повторюваність;

d) зростає усвідомлення того, що клімат на планеті не є постійним і в дійсності може змінюватися під впливом антропогенної діяльності. Незважаючи на те, що існує багато відоме уявлення про те, що підвищення середньої температури повітря біля поверхні Землі через парникові гази викликає глобальне потепління, більша увага має бути приділена вивченню впливу клімату на розподіл опадів, стоку і підземних вод, яке, ймовірно, буде значним. Немає підстав вважати, що ці гідрологічні характеристики залишаться незмінними.

Ефективне управління водним господарством може здійснюватися за допомогою розумного прийняття рішень, заснованого на надійних даних спостережень та інформації про стан і динаміку зміни водних ресурсів, включаючи кількісні і якісні показники і статистичні дані про такі явища як повені, а також даних про використанні води для різних господарських цілей.

Компоненти програми за оцінкою водних ресурсів. Для того щоб забезпечити попередню оцінку наявних водних ресурсів, на основі якої розробляються національні або регіональні довгострокові плани управління ними, основні програми по оцінці водних ресурсів повинні передбачати збір і обробку існуючих гідрологічних і гідрогеологічних даних, а також додаткових даних, необхідних для просторової інтерполяції [11,12].

Такі довгострокові плани повинні базуватися на огляді ключових сучасних і майбутніх потреб у водних ресурсах. Компоненти програми по оцінці водних ресурсів включають, головним чином, наступні позиції (UNESCO / WMO, 1997):

a) збір гідрологічних даних: збір історичних даних по компонентах водного циклу в пунктах, розподілених по території, для якої виконується оцінка водних ресурсів;

b) збір фізико-географічних даних: отримання даних про природні характеристики підстилаючої поверхні, які визначають просторові і тимчасові зміни компонентів водного циклу, таких як рельєф, ґрунти, геологічна будова, землекористування та рослинний покрив;

с) методи, що використовуються для просторової оцінки водних ресурсів: методи перетворень вихідних даних до узагальнення інформації і ув'язки гідрологічних даних з фізико-географічними з метою отримання інформації про характеристики водних ресурсів в будь-якій точці території, для якої проводиться оцінка.

Водогосподарські проекти. Вода необхідна у всіх сферах життя. Основна мета управління водними ресурсами і створення водогосподарських проектів полягає в тому, щоб забезпечити населення достатньою кількістю води хорошої якості для різних соціально-економічних потреб, зберігаючи при цьому гідрологічні та біохімічні функції екосистеми. В даний час зростає усвідомлення того, що розвиток суспільства, а також освоєння водних ресурсів, має бути стійким. Мається на увазі, що природні ресурси світу повинні використовуватися в розумних межах та охоронятися з метою задоволення потреб сьогодення та майбутніх поколінь [12].

Цілі водогосподарського проекту. Комплексний підхід до водогосподарського планування та управління в межах річкового басейну підходить і для керування міжгалузевою діяльністю. Цілісне керування запасами прісної води, як обмеженим і вразливим ресурсом, і інтеграція водогосподарських галузевих проектів і програм в рамки соціально-економічної політики на національному рівні мають першорядне значення. Справедливе і відповідальне використання водних ресурсів займає центральне місце в досягненні цілей в галузі розвитку, сформульованих в Декларації тисячоріччя ООН, і боротьбі з бідністю [11,12].

Природний водний цикл має комплексний характер в просторовому і часовому відношенні, проте задоволення людських потреб вимагає постійного водопостачання. Для цього необхідна реалізація стратегій освоєння та управління водними ресурсами, які зазвичай передбачають інженерні роботи. Інтенсивна експлуатація водних систем внаслідок зростання чисельності населення і економічного розвитку веде до того, що інженерний аналіз, необхідний для проектів освоєння водних ресурсів,

повинен стати більш об'єктивним і обґрунтованим в науковому плані, ніж раніше.

Водогосподарські проекти зазвичай спрямовані на вирішення однієї або декількох з наступних завдань [12]:

- комунальне водопостачання;
- зрошення;
- промислове водопостачання;
- раціональне використання підземних вод;
- виробництво електроенергії;
- регулювання паводків;
- судноплавство;
- рекреаційне, естетичне і традиційне використання вод;
- регулювання засолення і замулення;
- зменшення забруднення вод;
- охорона риб і дикої природи;
- інші екологічні завдання та ін.

2.2 Оцінка водовіддачі системи водних ресурсів

2.2.1 Поняття водовіддачі

Водовіддача системи водних ресурсів - це об'єм води, який може бути вилучений з певною витратою протягом певного періоду часу [12]. Як правило, вона виражається у вигляді річного обсягу в млн. м³ на рік. Витрата води, що вилучається може варіюватися протягом року в залежності від допустимих норм використання. Для побутових, промислових і гірничодобувних потреб вода потрібна з відносно постійною витратою протягом всього року, тоді як потреба в воді для зрошення характеризується значною сезонністю.

Природні водотоки, навпаки, набагато більш мінливі по водності. Річки зазвичай характеризуються сильною сезонністю природного стоку, яка посилюється внутрисезонними коливаннями стоку і мінливістю загального об'єму річного стоку.

Якщо витрату води, що відводиться прийняти постійною, то найвища водовіддача незарегульованих річок дорівнює найменшому стоку в річці, як це показано на рис.2.1. Шляхом регулювання стоку в річці, наприклад, за допомогою гребель можна акумулювати воду під час паводків, щоб скидати її в період межені, як це показано пунктиром на діаграмі. Це збільшує кількість води, яку можна вилучати постійно, і, отже, отримувати водовіддачу. Чим більше водосховище, тим більше водовіддача, яка може бути досягнута при обмежених фізичних характеристиках системи. Велику річну водовіддачу можна отримати і там, де сезонні вимоги добре корелюють з характеристиками стоку. Для зручності опису йтиметься й надалі про постійну витрату води, що відводиться, якщо тільки не вказано інше [12].



Рисунок 2.1 – Річний стік та його акумуляція [12]

У районах, де середній річний стік або середня річна витрата сильно перевищує потреби до води, але де мінімум стоку може бути нижче

необхідної норми відведення, в центрі уваги, як правило, виявляється визначення ємності водосховища, необхідного для підтримки заданої водовіддачі в період низького стоку. Так як стік змінюється з року в рік, періоди низького стоку (як і повені) не завжди бувають однакової інтенсивності і тривалості. Тому слід розглянути питання про те, чи буде економічно правильно проектувати водосховище тієї ємності, яка дозволить підтримувати його водовіддачу навіть при найсуворіших умовах низького стоку (посухи), або ж економічно більш вірним є створення меншого водосховища, і, таким чином, доведеться погодитися з періодичною нестачею води (щодо повної водовіддачі). Таким чином, завдання полягає в тому, щоб зважити очікувані вигоди і ризики, а також пов'язані з ними витрати і вартість водосховища.

Там, де стік обмежений, або там, де водні ресурси вже інтенсивно використовуються, увага більше зміщується в бік оптимального використання води і водовіддачі, якої можна досягти за допомогою різних ємностей, ніж в бік визначення ємності, необхідної для підтримки бажаної водовіддачі. У таких випадках оптимізація ресурсів додає ще одну сторону проблеми – протиставлення ризику та оптимізації вартості. Через високий рівень освоєння водних ресурсів та їх експлуатації в більшості районів світу оптимізація наявних ресурсів стає все важливішою [12].

В роботі [13] розглянуті поняття, які необхідно застосовувати:

- для аналізу водозбереження *показник водомісткості* – це відношення обсягу використаної води для виробництва тієї чи іншої продукції, надання послуг чи виконання робіт до її (їх) вартості. Він відображає затрати води на виробництво продукції, надання послуг чи виконання робіт. Водомісткість також виступає нормою водоспоживання.
- для аналізу ефективності використання *водовіддачу* (обернений до водомісткості) – це відношення вартості виробленої продукції, наданих послуг чи виконаних робіт до обсягу використаної для цього води. Він

відображає у натуральному чи вартісному виразі вихід продукції (послуг, робіт) на одиницю об'єму витраченої води.

За результатами проведеного в роботі [13] аналізу даних Державного комітету статистики України [14] протягом 2005-2012 рр. простежено тенденцію до зростання водовіддачі (у 3,3 рази) за відповідного зниження водомісткості (на 69,8 %).

2.2.2 Класифікація водовіддачі

Для систематизації водовіддачі водосховища або системи водних ресурсів були розроблені наступні поняття [15]:

- базова водовіддача,
- гарантована водовіддача,
- додаткова водовіддача,
- негарантована водовіддача,
- середня водовіддача.

Це полегшує графічне уявлення поведінки водосховища або системи водних ресурсів, як це показано в спрощеному вигляді на рис.2.2.

Такі діаграми покращують подальше розуміння поведінки системи при різних експлуатаційних умовах. Вони особливо корисні там, де водні ресурси інтенсивно використовуються, де присутня висока мінливість стоку і де потрібно визнання водовіддачі і управління складними системами водних ресурсів.

Базова водовіддача - це мінімальна водовіддача протягом певної кількості послідовних інтервалів часу, яка може бути отримана від річкової системи або водосховища при даній послідовності припливу за умови забезпечення даного цільового попуску відповідно до заданої схемою попиту на воду і заданим режимом експлуатації. Базова водовіддача зростає зі збільшенням цільового попуску до тих пір, поки не буде досягнуто стан, коли

водосховище не зможе безперервно віддавати воду на рівні цільового попуску; в результаті базові водовіддачі стануть менше, ніж цільової попуску [12].

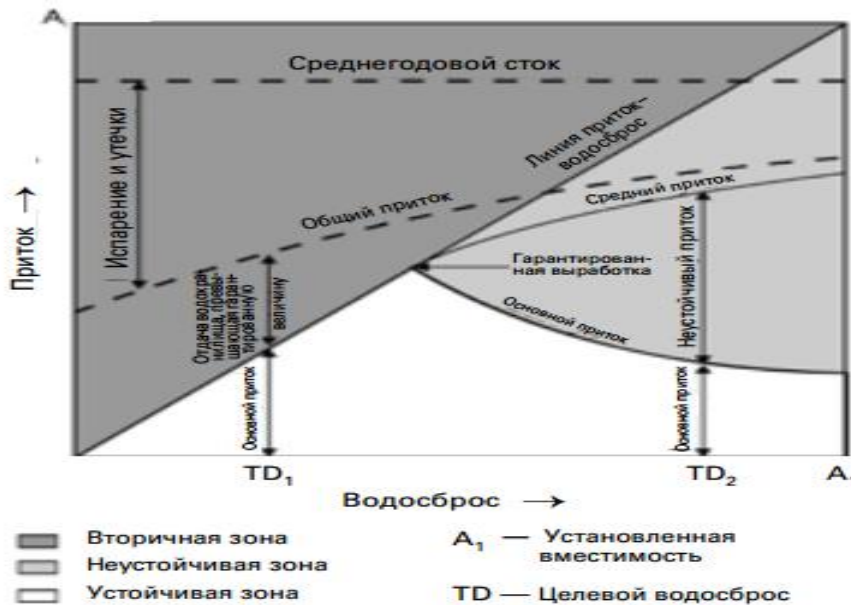


Рисунок 2.2 - Спрощена діаграма взаємозв'язку спрацювання та рівнів [12]

Гарантована водовіддача - це максимальна базова водовіддача. Для аналізу на основі історичних даних спостережень за стоком вводиться поняття історичної гарантованої водовіддачі, щоб відрізнити її від гарантованих розмірів водовіддачі, отриманих за допомогою імовірнісних методів. Історична гарантована водовіддача пов'язана з конкретною ємністю водосховища, може змінюватися в залежності від довжини часовій послідовності даних про приплив. Насправді вона, ймовірно, буде менше для великих рядів припливу, тому що підвищується ймовірність екстремально низьких значень стоку.

Додаткова водовіддача - це водовіддача, яка може бути отримана понад цільового попуску. Відповідно до визначення додаткової водовіддачі отримують з водосховища тільки в той час, коли водосховище заповнене до нормального підпірного рівня. З цієї причини оцінка додаткової водовіддачі для різних максимальних норм відведення може надати цінні дані для

визначення потенціалу подальшого освоєння системи водних ресурсів. Додаткову водовіддачу часто використовують для генерації додаткової гідроенергії або для іншого тимчасового корисного водоспоживання там, де є відповідні споруди.

Негарантована водовіддача - це середня водовіддача, яка може бути отримана від водо ресурсної системи понад корисної водовіддачі, але без перевищення цільового попуску. Це не безперервна віддача, і тому на неї не можна розраховувати на постійній основі.

Середня водовіддача визначається як сума величин базової і негарантованої водовіддачі, осереднена за аналізований період. Вона визначає водовіддачу, яку можна, в середньому, отримати від системи, однак частина якої не може безперервно підтримувати.

Повна водовіддача - це просто сума величин базової, додаткової і негарантованої водовіддачі.

Інтерпретація діаграми зв'язку норми попуску і водовіддачі дана в подальшому в роботі Бассона [16].

2.2.3 Основні параметри водовіддачі

Дані спостережень за стоком води.

Ряди даних спостережень за стоком або фактичні дані про стік відносяться до польових даних. Отже, такі ряди, по суті, відображають наслідки впливу діяльності людства і, за винятком природних водозборів, показують деякі зміни з часом. В цілому ряди даних спостережень вимагають деякої обробки для заповнення пропусків в даних і для оцінки наслідків освоєння.

Тимчасові ряди природного стоку.

Тимчасові ряди природного стоку відображають характеристики стоку до впливу на нього людини. На абсолютно неосвоєних водозборах спостерігається стік, який в повній мірі відображає природні умови. Для

водозбору, де освоєння має місце, реалістичні оцінки того, яким був би стік в природних умовах, можна отримати шляхом розрахунку впливу різних факторів, що впливають і шляхом корективки часових рядів стоку відповідно.

Штучні тимчасові ряди стоку.

Штучні ряди - це ряди, які формуються за допомогою комп'ютерної моделі. За відношенням до стоку використовують два види штучних рядів: детерміністичні і стохастичні ряди.

Детерміністичні ряди в основному використовуються для поповнення і розширення недостатніх тимчасових рядів стоку. Це досягається за рахунок використання гідрологічних моделей стоку [11,12,17].

Стохастичний ряд - це той, який випадково змінюється в часі, можливо, з якоюсь структурою залежності, і може замінити ряд спостережених даних при оцінці майбутніх станів [18-20].

Статистичні властивості стохастично створених рядів такі, що, вони, як вважається, з'являються з тієї ж генеральної сукупності і генеруються на основі тих же природних процесів, які характеризують природні тимчасові ряди, що лежать в їх основі.

Стохастичні послідовності даних, в основному відносяться до стоку і використовуються для дослідження ймовірнісної поведінки водовіддачі з водосховищ. Однак ті ж принципи відбору і пророботки даних можуть застосовуватися до часових рядів опадів і іншими гідрологічними змінними, які мають велике значення для дослідження водних систем.

Втрати стоку річок.

Втрати стоку річок внаслідок, наприклад, випаровування та інфільтрації, є частиною гідрологічного циклу і знаходять своє відображення у лавах спостережень за стоком, які використовуються для визначення водовіддачі. Створення великих водоймищ як засіб регулювання стоку змінює природні умови рівноваги, результатом чого, як правило, є додаткове випаровування та інфільтрація.

Тимчасової ряд.

Часовий ряд визначається як хронологічна послідовність даних, таких як стік, опади і випаровування в певному місці. Щомісячні дані найчастіше використовуються при визначенні водовіддачі великих систем водних ресурсів, проте можуть бути обрані дані, усереднені за більш-менш короткі інтервали.

Як можна побачити на рис.2.1, часовий ряд даних про стік визначає водовіддачу річки. Якщо стік постійний, наприклад водовіддача дорівнює середньому стоку, то теоретично він може бути відведений без регулювання. Чим більше мінливість стоку, тим вище необхідність регулювання за допомогою водосховищ [12].

2.2.4 Вплив антропогенної діяльності

Освоєння водних ресурсів і деякі види землекористування на території, що лежить вище за течією від проектного водосховища, змінюють природні властивості стоку в місці розташування водогосподарського об'єкта і можуть оказувати значний вплив на водовіддачу водосховища. Освоєння водних ресурсів може включати в себе будівництво регулюючих споруд, водозаборів, водовідвідних конструкцій, повернення вод і перекидання стоку з інших водозборів. Найбільший вплив на водні ресурси і наноси надають такі види господарської діяльності: урбанізація, лісонасадження, вирубка лісів, вирощування певних сільсько-господарських культур, наприклад для виробництва рису і цукру, денудація землі і деякі методи збору дощового стоку.

При визначенні водовіддачі системи водних ресурсів важливо належним чином враховувати **антропогенні фактори**. Зокрема, необхідно брати до уваги будь-які тенденції і належним чином враховувати можливі майбутні зміни [12].

2.2.5 Зміна клімату

Стає все більш очевидною, що глобальна температура зростає і що темпи такого зростання можуть бути значно більшими, ніж у минулому (IPCC, 2001). Деякі моделі глобального клімату припускають, що підвищення температури може викликати зміни в кількості щорічних опадів і привести до зміни клімату в деяких регіонах. Сценарний аналіз потенційного впливу зміни клімату на річковий стік показує, що в деяких районах стік може скоротитися на 10 відсотків до 2015 року [21].

Такі зміни клімату можуть сильно вплинути не тільки на водопровідну продуктивність системи водних ресурсів, але і на потребу в воді, взятій з системи. Тому варто було розглянути ймовірність зміни клімату та провести аналіз сценаріїв для вразливих районів, щоб оцінити можливий вплив зміни клімату. Хоча розумно враховувати потенційні наслідки зміни клімату в довгостроковому плануванні системи водопостачання, необхідно знайти баланс між готовністю і можливою надмірною реакцією, щоб запобігти значній втраті цінних ресурсів. Аналіз чутливості, спрямований на визначення того, як зміна клімату вплине на відновлення водних ресурсів систем водопостачання, може бути виконаний поетапними змінами середнього та/або стандартного відхилення серії штучного стоку. Ознаки, які можна розглядати як реалістичні масштаби таких змін, можна вивести з сценарного аналізу з використанням моделей глобальної циркуляції, але вони значною мірою є предметом суб'єктивного судження [12].

Аналіз основних напрямів виробничої діяльності по управлінню водними ресурсами України здійснено автором в роботі [22].

Для оцінки водних ресурсів, створення водогосподарських проєктів в умовах економічного розвитку та удосконалення виробничої діяльності по управлінню водними ресурсами Придунайського регіону країни винятково важливе значення має аналіз господарської діяльності в дельті та

дослідження гідрологічних характеристик водного режиму української частини річки Дунай.

2.3 Господарська діяльність в дельті

Дельта Дунаю займає дуже вигідне географічне положення на стику річкових і морських транспортних магістралей, а також має багаті природні ресурси (водні, земельні, біологічні). У зв'язку з цим у придунайському регіоні традиційно найбільш розвинені такі галузі економіки як судноплавство, сільське, рибне та водне господарство. В останні десятиліття все більше уваги приділяється охороні природи дельти Дунаю та використанню її рекреаційного потенціалу [1].

Чисельність населення регіону українського Придунав'я, куди входять Ренійський, Болградський, Ізмаїльський та Кілійський райони Одеської області, перевищує 250 тис. осіб, з яких близько половини становлять його працездатну частину. Демографічна ситуація тут стабільна [1].

Судноплавство є основою транспортного комплексу української частини дельти Дунаю. Крім Українського Дунайського пароплавства, що має статус національного перевізника України та є найбільшою судноплавною компанією країни, до цього транспортного комплексу входять порти Рені, Ізмаїл та Усть-Дунайськ, підприємства автомобільного та залізничного транспорту, а також суднобудівні та судноремонтні заводи.

Сумарний вантажообіг українських портів у дельті Дунаю становив у 2003 р. близько 8 млн тон, що у 2,5 рази менше за їхню номінальну потужність. Головними перешкодами у роботі транспортного комплексу придунайського регіону є наслідки війни в Югославії, а також відсутність глибоководного суднового ходу Дунай – Чорне море на українській ділянці дельти. Більша частина працездатного населення в українському Придунав'ї зайнята у сільському господарстві. На базі сільськогосподарського виробництва тут сформувався агропромисловий комплекс, що

спеціалізується на виноробстві, консервуванні плодів та овочів, а також переробці м'ясомолочної сировини.

2.3.1 Рибне господарство

Рибне господарство в українській частині дельти Дунаю в даний час перебуває в кризовому стані, який пояснюється економічною ситуацією в країні та екологічними проблемами регіону [1]. Наприкінці 1980-х років на придунайських та придельтових озерах почалися масові замори риби, і до початку XXI ст. обсяги рибовидобутку скоротилися тут у 5 разів. Значно зменшилися також вилови дунайського оселедця та інших цінних порід риби. Рибообробні підприємства працюють нестабільно.

2.3.2 Водогосподарські заходи

Важливою складовою господарської діяльності у дельті Дунаю є водогосподарські заходи (будівництво захисних дамб, шлюзів, водозаборів, днопоглиблення тощо), що здійснюються з наступними цілями: захист населених пунктів та сільгоспугідь від затоплення; створення та експлуатація зрошувальних систем; регулювання водообміну між Дунаєм та придунайськими та придельтовими озерами для забезпечення необхідних кількісних та якісних показників води у цих водоймах; водопостачання промислових підприємств та населених пунктів; покращення умов судноплавства [1].

2.3.3 Природоохоронна діяльність

З кожним роком у придунайському регіоні зростає роль природоохоронної діяльності [1]. Тут розташовано близько двадцяти об'єктів природно-заповідного фонду, найбільший з яких - Дунайський біосферний

заповідник. Він займає площу 46,4 тис. га. У рамках прикордонного співробітництва розробляється проект створення міжнародного біосферного резервату на території України, Румунії та Молдови загальною площею близько 1 млн. га.

2.3.4 Рекреаційно-туристична діяльність у дельті Дунаю

Можливості рекреаційно-туристичної діяльності у дельті Дунаю поки що використовуються далеко не повною мірою. Її унікальний природний, етнографічний та історико-культурний потенціал може і має бути використаний для розвитку наукового, екологічного, мисливського, рибальського, етнографічного та інших видів туризму.

Аналогічно організовано господарську діяльність в українській частині дельти. Чисельність населення наприкінці ХХ в. (1992 р.) становила 15,6 тис. чол [2]. Головним судноплавним шляхом через цю частину дельти є Кілійське гирло. В українській частині дельти розвинені рибне, сільське та водне господарство, заповідна справа, туризм.

Після 1960 р. традиційне рибогосподарське та сільськогосподарське використання української частини дельти було суттєво перетворено: почалася промислова заготівля тростини, почали створювати риборозвідні водойми та сільськогосподарські польдери, було організовано мережу численних каналів для обводнення земель та водойм дельти. Роки 1960-1970 були названі «тростинниковим періодом» (тоді були створені великі господарства з вирощування очерету), 1970-1980 рр. - «рибним періодом» (великі площі дельти були обваловані для рибогосподарського використання), а 1980-1990 рр. - «сільськогосподарським періодом» (створені обваловані польдери).

Наразі площа сільськогосподарських площ української частини дельти становить близько 40 тис. га. У майбутньому цю площу передбачається розширити до 97 тис. га [2].

З ГІДРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ Р. ДУНАЙ НА ДІЛЯНЦІ РЕНІ-ІЗМАЇЛ

При аналізі формування гідрологічного режиму в гирлі Дунаю в [8,23] здійснено оцінку як природних, так і антропогенних змін стоку води. Антропогенні чинники пов'язані з гідротехнічним будівництвом, яке активно велося з 1960-х років і призвело до зарегулювання стоку води, використанням водних ресурсів (водопостачання, меліорації, рибного промислу), втратами води на випаровування з поверхонь водосховищ та інші. Однак антропогенний вплив на середній стік води оцінений в роботі [1] як невеликий та складає не більше 8 % безповоротних втрат води. На динаміку змін стоку води мають вплив й кліматичні коливання [1].

При аналізі гідрологічного режиму ділянки Дунаю від Рені до Ізмаїлу як вихідні дані по стоку води використані матеріали Державного водного кадастру [10], монографічні [1-3,24-27] і довідкові видання [4,5,28,29], спостереження Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (ДГМО, м. Ізмаїл).

Як було відмічено у розд.1, п. 1.5, в режимних виданнях України [10] дані про рівні води наводяться з 1945 р. по посту Рені і з 1921 р. – по м.Ізмаїл, про середні і характерні витрати води і стік зважених наносів за багаторічний період – за період 1978-2015 рр.

Авторами монографії [1] стокові ряди були подовжені шляхом складення унікального за тривалістю зведеного (163 роки) ряду спостережень за стоком води Дунаю у вершині дельти (г/с 54 міля).

Середньомісячні та середньорічні витрати води за період з 1840 по 1920 рр. були розраховані авторами [1] за прив'язкою до рівнів води на українському г/п Тульча (за даними [30]). В подальшому автором [1] була обґрунтована багаторічна крива за вимірюваннями 39 витрат води (у період з 1959 по 1965 рр.). Таким чином, до статистичного аналізу авторами [8, 23] було прийнято часовий ряд спостережень за витратами води на р. Дунай – м. Рені (г/с 54 міля) та р. Дунай – м. Ізмаїл (г/с 115 км) тривалістю з 1840 по

2015 рр. (для середньорічних) і за період з 1921-2015 рр. (для максимальних та мінімальних) річних витрат води. Дані по витратах води на гідрологічному посту Ізмаїл (115 км) за попередні роки надані Дунайською ГМО.

Автором даної роботи було проаналізовано результати, одержані в [8, 23] та виконані власні дослідження гідрологічного режиму р. Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл при продовженні часових рядів спостережень Державної гідрометслужби до 2020 р., що друковані у гідрологічних щорічниках Центральною геофізичною обсерваторією імені Бориса Срезневського (одержані згідно Договору № 1 між ОДЕКУ та ЦГО у 2022 р.).

3.1 Гідрологічний режим рівнів води

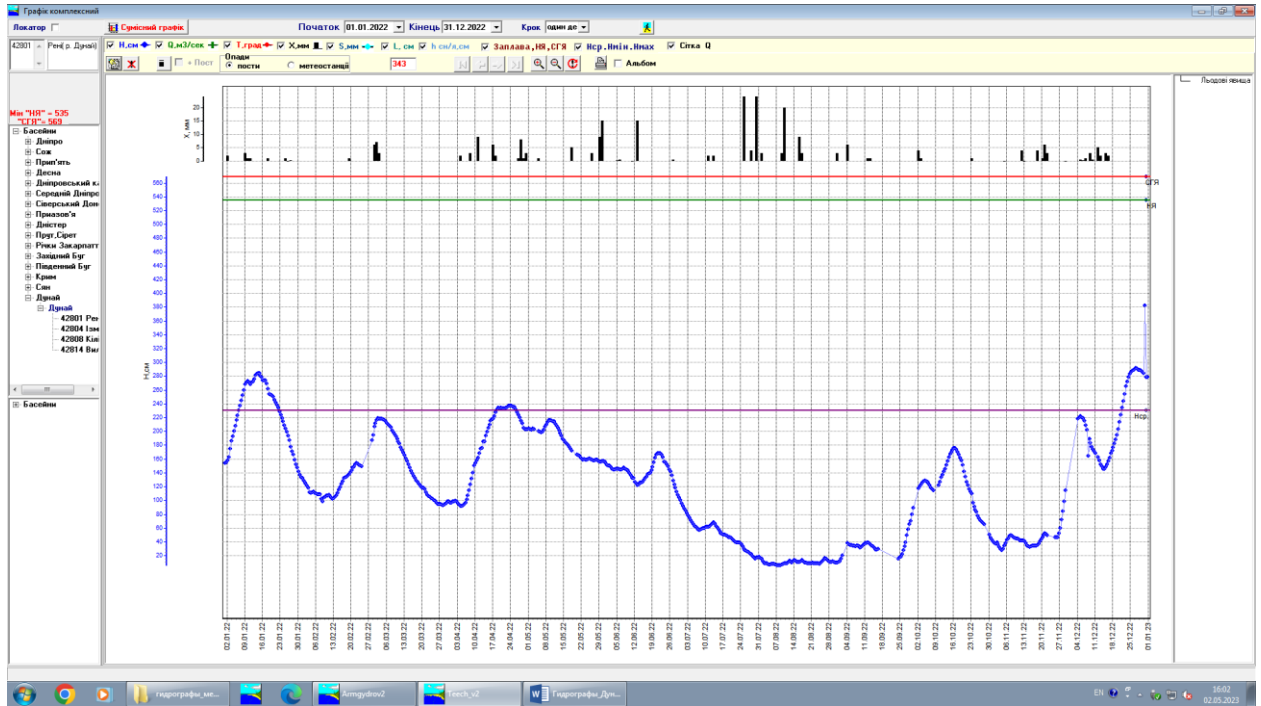
На рівневий режим дельти Дунаю визначальний вплив має внутрішньорічна мінливість стоку води, згінні та нагінні явища гирлового узмор'я, льодові утворення, будівництво гідротехнічних споруд (гребель обвалування, дамб та ін.) [1].

У річному ході рівнів води в гирловій ділянці Дунаю виявляються такі сезонні коливання, як весняно-літнє водопілля, літньо-осіння межень, осінні паводки, зимова межень та зимові паводки [1,5,24].

Комплексні графіки ходу гідрометеорологічних характеристик на р. Дунай в створах м.Рені і м.Ізмаїл наведені у багатоводному 2010 р. на рис.3.1, а у маловодному 2022 р. - на рис.3.2, побудовані в автоматизованій системі АРМ-гідро Українського гідрометеорологічного центру ДСНС України (web: www.meteo.gov.ua).

У зимовий період режим рівнів води характеризується нестійкістю і в значній мірі визначається погодними умовами на водозборі. Сталі низькі рівні води спостерігаються у морозні зими, зазвичай у січні-лютому. В теплі зими, коли льодові явища відсутні, відбувається формування декількох паводкових хвиль.

а)



б)

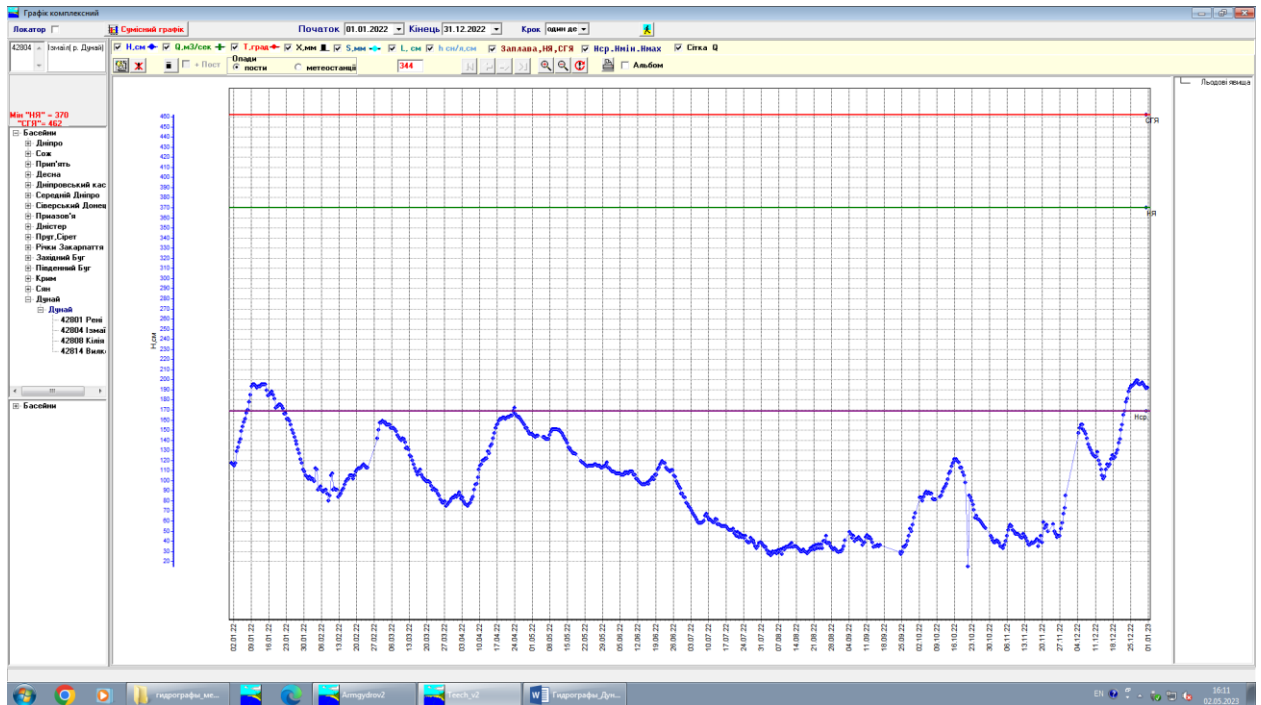


Рисунок 3.2 - Комплексні графіки ходу гідрометеорологічних характеристик на р. Дунай в створах м.Рені (а) і м.Ізмаїл (б) у маловодному 2022 р.

Навесні в дельті Дунаю формується дві хвилі весняного водопілля (в період березень-червень). Перша хвиля формується за рахунок танення снігу у рівнинній частині, а друга - за рахунок дощів та танення снігу в горах. Інколи на спаді весняного водопілля (у травні-червні) можуть формуватися літні паводкові хвилі, у зв'язку з чим високі рівні води тривають аж до серпня, а водопілля вважається весняно-літнім, загальним періодом 4-5 місяців. У створах р. Дунай (м. Рені, м. Ізмаїл, м. Кілія) хвилі зливаються і утворюють одну тривалу за часом хвилю водопілля. Весняне водопілля у авандельті - на рукавах Кілійської дельти і на румунській території практично не помітне за рахунок розпластування паводкової хвилі, виходу води на заплаву та затоплення не обвалованих заплавної понижень рельєфу, заплавної озер, боліт.

Літньо-осіння межень спостерігається у липні-серпні при зменшенні стоку води та спаді рівнів води весняного періоду. Найінтенсивніше зниження рівнів води на ділянці можна спостерігати у серпні. Вересень-жовтень характеризується найнижчими рівнями в році, що призводить до встановлення нетривалої осінньої межені. У другій половині жовтня і у листопаді за рахунок сильних дощів в дельті Дунаю формуються виражені осінні паводки. Річна амплітуда коливань рівнів води в нижній течії не значна – до 1-1,5 м.

Суттєвий вплив на рівневий режим дельти Дунаю мають явища згінних та нагінних коливань, які з'являються у Приморській частині дельти і розповсюджуються (особливо при сильних вітрах, швидкістю понад 10 м/с) вверх за течією води в річці (або дельтових рукавах). Згін обумовлюються вітрами західних напрямів, а нагін – східних 13.

Характерною особливістю льодового режиму Дунаю є крайня нестійкість льодових фаз [1,27,29]. Льодостав спостерігається не щороку. На нижньому Дунаї ймовірність льодоставу становить 40-75%. Повторні замерзання і розкриття тут рідкісні.

Льодові явища у вигляді льодоходу або льодоставу в середньому за багаторічний період 1931-2008 рр. [31] починають з'являтися в межах дельти і рукавів у середині грудня (при ранніх датах – 12 грудня 1945 р.) або у лютому (при найбільш пізніх – 16 лютого 2003 р.) та супроводжуються підйомом рівнів води. Середня дата встановлення льодоставу припадає на січень, хоча протягом зими він нестійкий, переривається відлигами, з якими пов'язаний льодохід, затори і зажори. Очищення від льоду відбувається іноді у січні (при ранніх датах – 01 січня 1932 р.) або в кінці березня (при пізніх строках – 29 березня 1954, 28 березня 1956 рр.). На українській ділянці Дунаю льодові явища спостерігаються у 67% зим, а льодостав – у 28% зим [31].

За даними Дунайської комісії [32] за період спостережень 1959-2010 рр. на українській ділянці р. Дунай (м. Рені - м. Ізмаїл) з 51 року спостережень без льоду були 11-12 років, з льодом – 39-40 років (76,5-78,4%), а з льодоставом 7-8 років (15,7-13,7%).

Характерні за багаторічний період рівні води (вищий і нижчий за рік) наведені у табл. 3.1 (для річок з нестійким льодоставом) [10]. Так у м. Рені (за період 1945–2015 рр.) середній максимальний рівень води становить 438 см (4,74 мБС-77). Найбільший максимум досягав 581 см (6,17 мБС-77) у 2010 р., а найменший рівень води - до мінус 40 см (мінус 0,17 мБС) у 1953 р. Середні коливання рівнів води за рік становлять 3,91 м, при найбільших – 5,34 м (у 1985 р.). Середній за багаторічний період 1945-2015 рр. рівень води посту м. Рені дорівнює 233 см (2,62 м БС до 1976 і БС-77), причому за період 1921-2015 рр. рівень води майже не змінився (2,60 м БС до 1976 і БС-77) [8,33].

Таблиця 3.1 - Характерні рівні води р. Дунай [10]

Характеристика	Середній рівень за рік	Вищий рівень за рік, см		Нижчий рівень за рік, см		Коливання рівня за рік, см	
		середній	вищий	середній	нижчий	середній	найб.
р. Дунай – м. Рені (відмітка нуля поста 0,23 м БС до 1976; відмітка нуля поста 0,36 м БС-77) 1945–2015 рр. [10], в дужках (1921-2015 рр.)							
рівень води	233 (232)	438	581	44	-40 (-66)	391	534
дата	-	12.04	06.07.2010	17.10	29.12.1953 (28.10.1921)		1985
р. Дунай, Кілійське гирло – м. Ізмаїл (відмітка нуля поста -0,23м БС до 1976; відмітка нуля поста -0,18 м БС-77) 1921–2015 рр. [10]							
рівень води	167	303	420	39	-30	265	369
дата	-	22.04	22.05.1970	01.11	30.10, 01.11.1921		1942

Максимальний багаторічний річний рівень води у вершині Кілійського рукава (у м. Ізмаїл) за період 1921–2015 рр. рівний 303 см (2,85 мБС-77), найвищий – 420 см (3,97 мБС) у 1970 р. (близький до забезпеченості водності року $P=1\%$), а найнижчий – мінус 30 см (мінус 0,53 мБС) у 1921 р. (близький до $P=90\%$). Річна амплітуда коливань рівнів води при цьому становить 2,65 м, а найбільша – 3,69 м (1942 р.). Середній за багаторічний період рівень води посту м. Ізмаїл становить 167 см (1,47 м БС до 1976 і БС-77) (1921-2015 рр.) [8,33].

Автором роботи, досліджені часові тренди середніх, максимальних і мінімальних рівнів води вже за період 1921-2020 рр. Досліджені часові тренди показали майже відсутність трендів середніх і мінімальних рівнів води та слабо вираженого додатного зростання максимальних рівнів води протягом тривалого часу (рис. 3.3). При цьому коефіцієнти кореляції трендів максимальних і мінімальних рівнів води є значущими ($r=0,33$ та $r=0,18$)

відповідно, а тренди середніх та рівнів води – мають незначущий коефіцієнт кореляції ($r=0,075$).

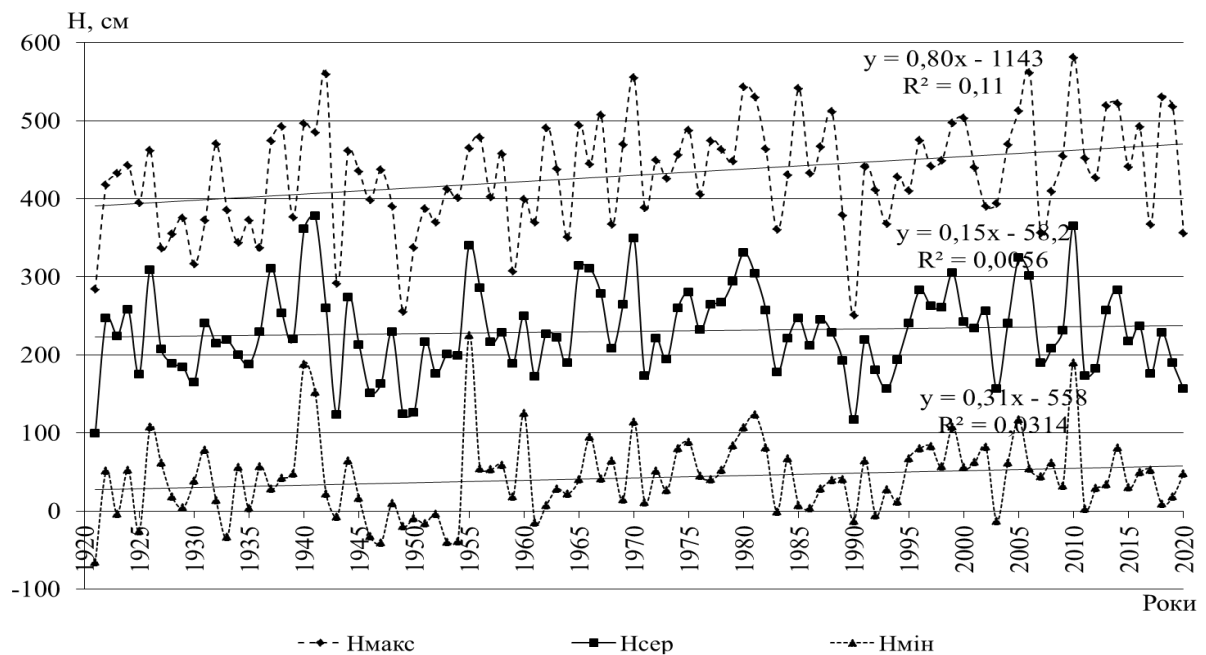


Рисунок 3.3 – Суміщений графік середніх, максимальних і мінімальних (1921-2020 рр.) рівнів води р. Дунай – м. Рені, см

3.2 Гідрологічний режим стоку води

Основна частина річкового стоку Дунаю формується в верхній і особливо середній течії річки, де Дунай перетинає Карпати [4,24,26,27]. На Нижньому Дунаї і в дельті річки для режиму стоку води характерні добре виражене тривале за часом і високе весняно-літнє водопілля, сформоване талими сніговими і дощовими водами, і літньо-осіння межінь.

Весняно-літнє водопілля складається з декількох повенемих хвиль, які формуються на Середньому та Нижньому Дунаї і звичайно відмічається в березні – липні, часто на нього припадає річний максимум стоку (наприклад, на рис. 3.1, 3,2). Найменші витрати води спостерігаються в літньо-осінню межінь в період з серпня по жовтень [4]. У сучасних умовах на частку весняного водопілля припадає 50,7-60% річного стоку води [10].

Величина середнього багаторічного стоку в гирлі р. Дунай, що вказана в різних літературних джерелах [1,26-29] коливається в межах від 183 до 291 км³/рік. Як вказано в [1] існує декілька причин, пов'язаних з тим, що існують протиріччя стосовно оцінки стоку Дунаю – це різна довжина рядів, для розрахунків річного стоку, різні та не визначені місця вимірів витрат води та різні методи вимірів та розрахунків. На основі досліджень багаторічних коливань річного стоку р. Дунай авторами [1] стік річки прийнятим близьким 200 км³/рік, але за різні періоди осереднення.

За даними режимного видання України [10], тобто для періоду осереднення 1978-2015 рр. середні річні витрати води спостерігалися рівними 6660 м³/с (м. Рені, гідроствор 54 міля) і 3730 м³/с (м. Ізмаїл, гідроствор 115 км), при об'ємах стоку за рік 210 млн м³ та 118 млн м³, відповідно (табл. 3.2) [8,33].

При цьому за зведеним часовим рядом середні річні витрати води за період 1840-2015 рр. становлять в створах м. Рені – 6355 м³/сі м. Ізмаїл – 3695 м³/с [8,33]. За період 1840-2015 рр. найбільші середні річні витрати води відзначалися: в 1940 р. – 9520 м³/с і 5570 м³/с, в 1941 р. – 9950 м³/с і 5820 м³/с, в 1970 р. – 9620 м³/с і 5540 м³/с, у 2010 р. – 9470 м³/сі 5070 м³/с, а найменші: в 1863 р. – 3610 м³/с і 2110 м³/с, в 1921 р. – 3910 м³/с і 2290 м³/с та в 1990 р. – 4190 м³/с і 2550 м³/с, відповідно в м. Рені і м.Ізмаїл. Найбільші витрати води (отримані по строкових спостереженнях за рівнем води), зазвичай періоду весняно-літнього водопілля, в середньому за період 1978-2015 рр. становлять 11800 м³/с (м. Рені) і 6440 м³/с(м.Ізмаїл), з абсолютним максимумом у липні 2010 р. – 15500 м³/с і 8960 м³/с, відповідно (табл. 3.2).

За період 1921-2015 рр. найбільші витрати води коливалися в залежності від водності року від 6670 м³/с до 16000 м³/с (м.Рені) і 3740 м³/с до 8960 м³/с (м. Ізмаїл). Найбільш високі водопілля відмічені у 1942 р. (15300 м³/сі 8490 м³/с), 1970 (16000 м³/сі 8380 м³/с), 1980 (15500 м³/сі 8160 м³/с),

1981 (15000 м³/с і 7930 м³/с), 1988 (14400 м³/с і 7620 м³/с), 2006 (14900 м³/с і 8410 м³/с), а також у 2010 р. і 2019 р. (табл. 3.3) [8].

Таблиця 3.2 - Середні і характерні витрати води р. Дунай (період 1978-2015 рр.) [10]

Статистична величина	Середня річна витрата води, м ³ /с	Середній річний модуль стоку, л/с км ²	Шар стоку за рік, мм	Об'єм стоку за рік, км ³	Характерні витрати води			
					найбільша		найменша	
					м ³ /с	дата	м ³ /с	дата
р. Дунай – м. Рені (гідроствор, 54 миля). Площа водозбору 811 000 км ²								
Середня	6660	8,21	259	210	11800	-	3120	-
Найбільша	9470	11,7	369	299	15500	06.07.2010	5470	12.11.2010
Найменша	4190	5,17	163	132	6670	25.12.1990	2000	13.09.1990
р. Дунай, Кілійське гирло – м. Ізмаїл (гідроствор 115 км). Площа водозбору 813 000 км ²								
Середня	3730	4,59	145	118	6440	-	1830	-
Найбільша	5070	6,24	197	160	8960	07.07.2010	2870	13.11.2010
Найменша	2550	3,14	99	80,4	3920	26.12.1990	1100	05-11.09.2003 (6)

Таблиця 3.3 – Найбільші середні добові витрати води [8]

Рік, місяць	Найбільші середні добові витрати води, м ³ /с	
	м. Рені (г/п 54 миля)	м. Ізмаїл (г/п 115 км)
1942, квітень	15700	8490
1970, травень	16000	8380
1980, травень-червень	15500	8160
1981, квітень	15000	7930
1988, квітень	14400	7620
2006, квітень-травень	14900	8410
2010, листопад	15500	8960
2019, червень	13500	6860

Літньо-осінній мінімум є найнижчим протягом року. В режимному виданні [10] найменші зимові витрати води (отримані по строкових спостереженнях за рівнем води) вибрано за період від початку появи більш-менш стійких льодових явищ восени попереднього року до початку весняної повені в поточному році. В середньому за період 1978-2015 рр. їх величини становили 3120 м³/с (м. Рені) і 1830 м³/с (м. Ізмаїл), з абсолютним мінімумом 2000 м³/с (13.09.1990) і 1100 м³/с (05-11.09.2003), відповідно (табл. 3.2) [8].

Так само ж в [8, 33] оцінені величини найменших річних витрат води за період зведеного ряду (1921-2015 рр.). За період 1921-2015 рр. найменші витрати води коливалися від 1280 м³/с до 6140 м³/с (м. Рені) і 1030 м³/с до 3460 м³/с (м. Ізмаїл).

Автором роботи, як й в [8, 33], досліджені часові тренди середніх, максимальних і мінімальних витрат води за період 1921-2020 рр., які показують наявність слабо вираженого додатного зростання витрат води протягом тривалого часу, що більш відчутно для максимальних витрат води (рис. 3.4). При цьому коефіцієнти кореляції трендів максимальних та мінімальних рівнів води є значущими ($r=0,29$ та $r=0,20$) відповідно, а тренди середніх рівнів води – мають незначущий коефіцієнт кореляції ($r=0,17$).

Результатами статистичного аналізу багаторічних рядів спостережень на р. Дунай на ділянці м. Рені – м. Ізмаїл стали наступні: досліджено часові тренди середніх, максимальних і мінімальних рівнів води за період 1921-2020 рр., які показують наявність слабо вираженого додатного зростання рівнів води протягом тривалого часу, що більш відчутно для максимальних рівнів води [37].

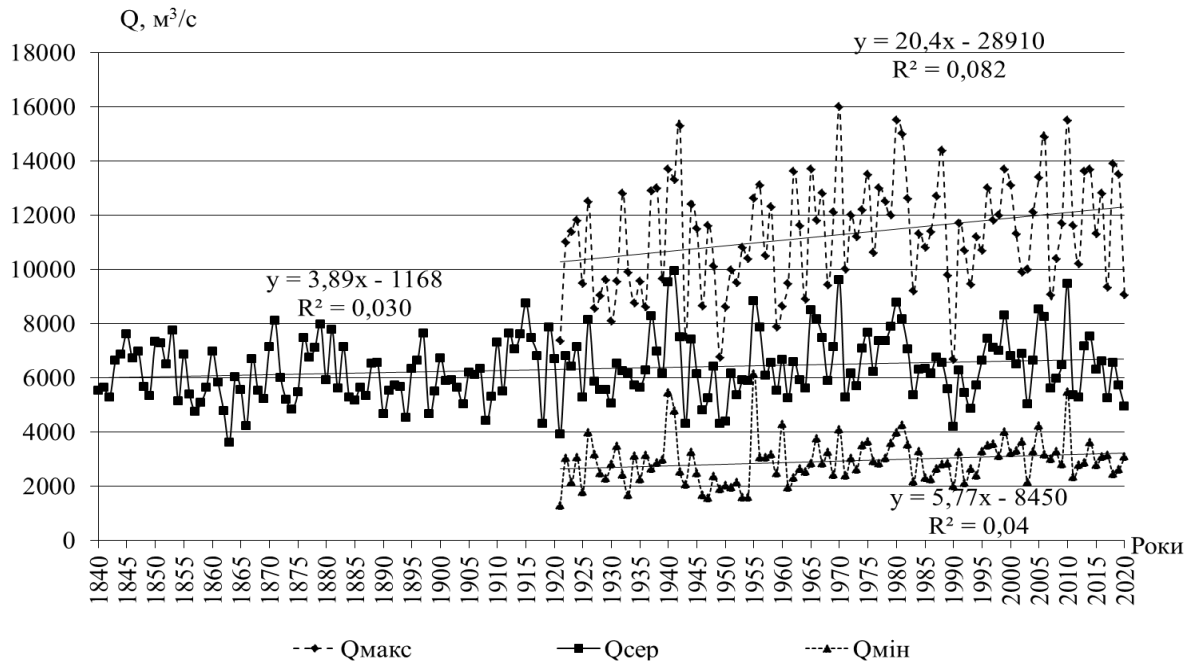


Рисунок 3.4 – Суміщений графік середніх (1840-2020 рр.), максимальних і мінімальних (1921-2020 рр.) витрат води р. Дунай – м. Рені, см

4 ЧАСОВА ЗМІННІСТЬ СТОКУ ВОДИ В НИЖНІЙ ТЕЧІЇ Р.ДУНАЙ ПІД ВПЛИВОМ ПРИРОДНИХ І АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ

4.1 Статистичні методи оцінки впливу антропогенних факторів на окремі складові гідрологічного режиму річок

Однорідність часових рядів. Ряди випадкових величин X і Y є статистично однорідними, якщо вони належать до однієї і тієї ж генеральної сукупності, чи інакше кажучи, належать до одного й того ж закону розподілу з одними і тими ж статистичними параметрами.

Якщо випадкова величина підпорядковується нормальному закону розподілу, то для характеристики особливостей цього розподілу досить мати два статистичних параметра: середнє арифметичне значення і дисперсію σ_x^2 . Тоді перевірка гіпотези на однорідність зводиться до перевірки двох гіпотез: статистичної гіпотези про незначущість відмінностей у дисперсіях і статистичної гіпотези про незначущість середніх. Якщо одна з цих гіпотез не приймається, то відкидається гіпотеза про однорідність двох рядів X і Y .

Для перевірки гіпотези однорідності дисперсій частіше за все використовується критерій Фішера F (F-test) 4.1 [34,35]

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (4.1)$$

де σ_x^2 і σ_y^2 – дисперсії досліджуваних рядів.

У чисельнику використовується більше значення дисперсії з двох досліджуваних рядів. Функція Фішера залежить від числа ступенів вільності $k_1 = n_x - 1$ і $k_2 = n_y - 1$, де n_x і n_y – тривалість досліджуваних рядів. Ряд можна вважати однорідним, лише якщо критерій Фішера менше його критичного значення на рівні значущості 1%, 5% тощо.

Тренди часових рядів. Коли статистична неоднорідність ряду стоку встановлена і в фондових матеріалах є вказівки на наслідки інтенсивних водогосподарських перетворень, має сенс виявити в хронологічній послідовності стоку тренд, тобто спрямовану зміну стокових величин у бік збільшення або зменшення [34,35].

Спрямовану часову зміну стокових величин під дією природних чи антропогенних факторів виявляють за лінійним трендом - у бік збільшення або зменшення [34]. Статистично значущі лінійні тренди в ході багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик свідчать про те, що має місце статистична неоднорідність в часі або, що те ж саме, нестационарність гідрологічних характеристик, що розглядаються, так як в цьому випадку закономірно змінюється в часі середнє значення.

Перевірка гіпотези про статистичну значущість коефіцієнта кореляції і коефіцієнтів рівняння регресії. Часто у гідрологічних дослідженнях постає питання про реальність установлених на основі спостережених даних зв'язків, тому що можливо, що встановлені значення $\hat{r}_{x,y}$, a й b зумовлені випадковістю вибірок [34,35]. Вирішення такого питання називають оцінкою статистичної значущості параметрів і воно зв'язане з перевіркою статистичних гіпотез.

Висунемо нульову гіпотезу щодо тісноти розглянутого зв'язку 4.2

$$H_0 : r_{xy} = 0, \quad (4.2)$$

тобто коефіцієнт кореляції є статистично незначущим.

Альтернативна гіпотеза є такою 4.3

$$H_1 : r_{xy} \neq 0, \quad (4.3)$$

тобто коефіцієнт кореляції є статистично значущим.

Якщо розподіл вибірових оцінок r_{xy} відповідає нормальному закону розподілу (що справедливо при великих n), то для перевірки нульової гіпотези як критерій можна використовувати статистику 4.4

$$t = \frac{r_{xy}}{\sqrt{\sigma_{r_{xy}}^2}}, \quad (4.4)$$

розподіл якої підлягає розподілу Стюдента.

Значення t визначається за вибіровими оцінками коефіцієнта кореляції $\hat{r}_{x,y}$ і його стандарту $\sqrt{\sigma_r^2} = S_r$ 4.5

$$\hat{t} = \frac{|\hat{r}_{xy}|}{S_r} \quad (4.5)$$

і порівнюється з критичним $t_{кр}$, котре залежить від числа степенів вільності $\nu = n - 1$ й рівня значущості q .

При $t < t_{кр}$ нульова гіпотеза приймається, а при $t > t_{кр}$ - відхиляється, тобто значення коефіцієнта кореляції визнається статистично значущим.

При невеликих n і високих значеннях $\hat{r}_{x,y}$ оцінка статистичної значущості $\hat{r}_{x,y}$ виконується за допомогою z -перетворення Фішера, тобто оцінюється не величина $\hat{r}_{x,y}$ безпосередньо, а статистика \hat{z} . Якщо z значуще, то і коефіцієнт кореляції є статистично значущою величиною.

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння регресії a і b виконується аналогічним чином.

Крім того, розподіл вибірових оцінок a і b вважається нормальним. Тоді у відповідності до теорем математичної статистики для перевірки

гіпотези про a і b можна використовувати статистику t , яка підлягає розподілу Стюдента 4.6

$$\hat{t}_a = \frac{|a|}{S_a} \text{ и } \hat{t}_b = \frac{|b|}{S_b} . \quad (4.6)$$

Якщо $\hat{t} > t_{кр}(v, q)$, то коефіцієнти регресії вважаються значущими.

Значущість коефіцієнту кореляції тренду r була оцінена в роботі за виконання умови $r > 2\sigma_r$, коли тренд вважається значущим [36]. У співвідношенні $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта кореляції, r^2 – величина достовірності апроксимації, n – число років спостережень.

Різницево-інтегральна крива як метод для оцінки циклічності коливань стоку річок.

Для виділення фаз і циклів водності зазвичай використовуються різницево-інтегральні криві, ординати яких являють собою послідовне накопичення відхилень величин стоку від середнього значення [35]. Порівняння кривих легше виконувати при їх представленні у вигляді безрозмірних, тобто модульних, коефіцієнтів стоку. Середнє багаторічне значення модульного коефіцієнта завжди дорівнює одиниці.

Інтегральна крива відхилень, яка представляє собою графік послідовно накопичуваних відхилень від певної вихідної величини, наприклад, арифметичного середнього.

Оцінку циклічних коливань річкового стоку проводять за різницево-інтегральними кривими наступним чином [34,35]. Поточні ординати різницево-інтегральних кривих з моменту побудови кривої до кінця t -го року можна знайти за допомогою наступного рівняння 4.7

$$\sum_{i=1}^t (k_i - 1) = f(t), \quad (4.7)$$

де $k_i = Q_i/Q_{сер}$ - модульний коефіцієнт t -го року.

Q_i і $Q_{сер}$ – витрати t -го року та середні витрати за період часу n .

Різницева інтегральна крива стоку, як і будь-яка інтегральна крива, має таку властивість. Відхилення середнього значення величини (модульного коефіцієнта) за будь – який інтервал часу m від його середнього значення за багаторічний період спостережень дорівнює одиниці, характеризується тангенсом кута нахилу лінії, яка поєднує точки початку та кінця інтервалу, до горизонтальної прямої і визначається за формулою

$$tg \alpha = (k_i - 1)_{сер} = \frac{l_k - l_n}{m} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1) - \sum_{i=1}^{n-m} (k_i - 1)}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m (k_i - 1)}{m}, \quad (4.8)$$

де l_k, l_n - відповідно кінцева та початкова ординати інтегральної кривої для періоду часу, який розглядається;

m – число років у періоді часу.

Період часу, для якого ділянка інтегральної кривої має нахил вгору відносно осі абсцис та значення $(k_i - 1)_{сер}$ додатне (переважають додатні відхилення від середнього), відповідає багатоводній фазі коливань стоку. Період, для якого з'єднуюча лінія і відповідна ділянка нахилені вниз та $(k_i - 1)_{сер}$ має від'ємне значення, відповідає маловодній фазі (К.П. Клібашев, І.Ф. Горошков, 1970). Для одного виділеного циклу, який складається із однієї багатоводної та однієї маловодної фаз, середнє значення модульного коефіцієнта $k_{сер}$ дорівнюватиме 1, для багатоводного – більше за 1, для

маловодного – менше за 1, сума $\sum_{i=1}^m (k_i - 1) = 0$ для одного або декількох циклів.

Статистичні параметри розраховуються методом моментів і методом найбільшої правдоподібності [34,35]. За методом моментів:

$$Q_{сер} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Q_t ; \quad (4.9)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (k_t - 1)^2}{n - 1}} ; \quad (4.10)$$

$$C_s = \frac{n}{(n - 2)(n - 1)} \sum_{t=1}^n (k_t - 1)^3 / C_v^3 , \quad (4.11)$$

де $Q_{сер}$ – середнє арифметичне значення ознаки розподілу Q_t ;

C_v - коефіцієнт варіації ознаки розподілу Q_t ;

C_s - коефіцієнт асиметрії ознаки диспенсації Q_t ;

n - тривалість спостережень (років).

При застосуванні методу найбільшої правдоподібності допоміжна статистика λ_2 і λ_3 повинна бути розрахована спочатку як

$$\lambda_2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \lg k_t \quad (4.12)$$

та

$$\lambda_3 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n k_t \lg k_t . \quad (4.13)$$

Статистичні параметри C_v і співвідношення C_s/C_v встановлюють за допомогою спеціальних номограм, наведених у додатках до СНиП 2.01.14-83 [34]. Їхні вхідні значення представлені статистикою λ_2 та λ_3 .

4.2 Розділення багаторічного ряду витрат води для урахування антропогенного впливу на річковий стік

З метою виявлення змін характеристик ряду стоку авторами роботи [8] до статистичного аналізу був прийнятий реконструйований В.М.Михайловим [1] часовий ряд спостережень за витратами води на р. Дунай – м. Рені (гідрологічний створ 54 міля) та р. Дунай – м. Ізмаїл (гідрологічний створ 115 км) тривалістю з 1840 по 2015 рр. (для середньорічних) і за період 1921-2015рр. (для максимальних та мінімальних) річних витрат води. В даній роботі часові ряди витрат води подовжені до 2020 р.

При цьому для урахування антропогенного впливу на річковий стік води В.М. Михайловим [1] було виконано розділення звідного багаторічного ряду середньорічних витрат води у вершині дельти Дунаю на три періоди: умовно природнього режиму стоку води (1840-1920 рр., тривалістю 81 рік), слабо зміненого режиму (1921-1960 рр., тривалістю 40 років) та сильно зміненого режиму (1961-2002 рр., завдовжки 42 роки).

Аналіз подальшого періоду формування річкового стоку пов'язаний з впливом змін глобального та регіонального клімату на характеристики річкового стоку басейну Дунаю [1] у зв'язку з початком наприкінці 1980-тих років періоду суттєвих змін клімату, тобто підвищення багаторічної температури повітря, перерозподілу опадів по сезонах року, що вплинуло на водний режим річок. В роботі [27] В.В. Гребенем саме 1989 р. виявлений як переламний у змінах клімату, тобто підвищення багаторічної температури повітря та її вплив на водний режим річок (зокрема, в межах території України).

Тому авторами робіт [8, 23], по аналогії з [1], виділено період найбільш зміненого під антропогенним впливом режиму стоку річок (1961-1989 рр.) та період сучасної водності, в якому спостерігалися суттєві кліматичні зміни (1990-2020 рр.).

4.3 Дослідження часової мінливості в багаторічних рядах стоку води в нижній течії річки Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл

Середні річні витрати води. В роботах [8, 23] виконаний аналіз зведеного багаторічного ряду (1840-2015 рр., тобто періодом 176 років) середніх річних витрат води р. Дунай на ділянці м. Рені – м. Ізмаїл (у вигляді їх модульних коефіцієнтів). В даній роботі часові ряди витрат води подовжені до 2020 р., тобто досліджуваний період становив 181 років.

Такий аналіз показав наявність слабо вираженого (при значущих коефіцієнтах кореляції для м. Рені ($r=0,27$) та м. Ізмаїл ($r=0,16$) майже двох вікового тренду до їх підвищення (рис. 4.1) та циклічності в часовому ході в різні періоди водності нижньої течії річки (рис. 4.2). Річний хід середніх річних витрат води Дунаю у м. Рені і м. Ізмаїл (1960-2020 рр.) (рис. 4.1) відповідає ходу річних рівнів води (рис. 3.3) і витрат води (рис.3.4).

Розгляд різницевих інтегральних кривих зведеного багаторічного ряду (1840-2020 рр., тобто періодом 181 років) середніх річних витрат води р. Дунай на ділянці м. Рені – м. Ізмаїл (рис. 4.2), слідом за авторами [1], виявив, що період умовно природнього режиму стоку води (1840-1910 рр.) був досить маловодним, слабо зміненого режиму (до 1960 рр.) – характеризувався нейтральним (сталим) трендом при не тривалих коливаннях річного стоку води.

Такий висновок підтверджується в роботах [8, 23].

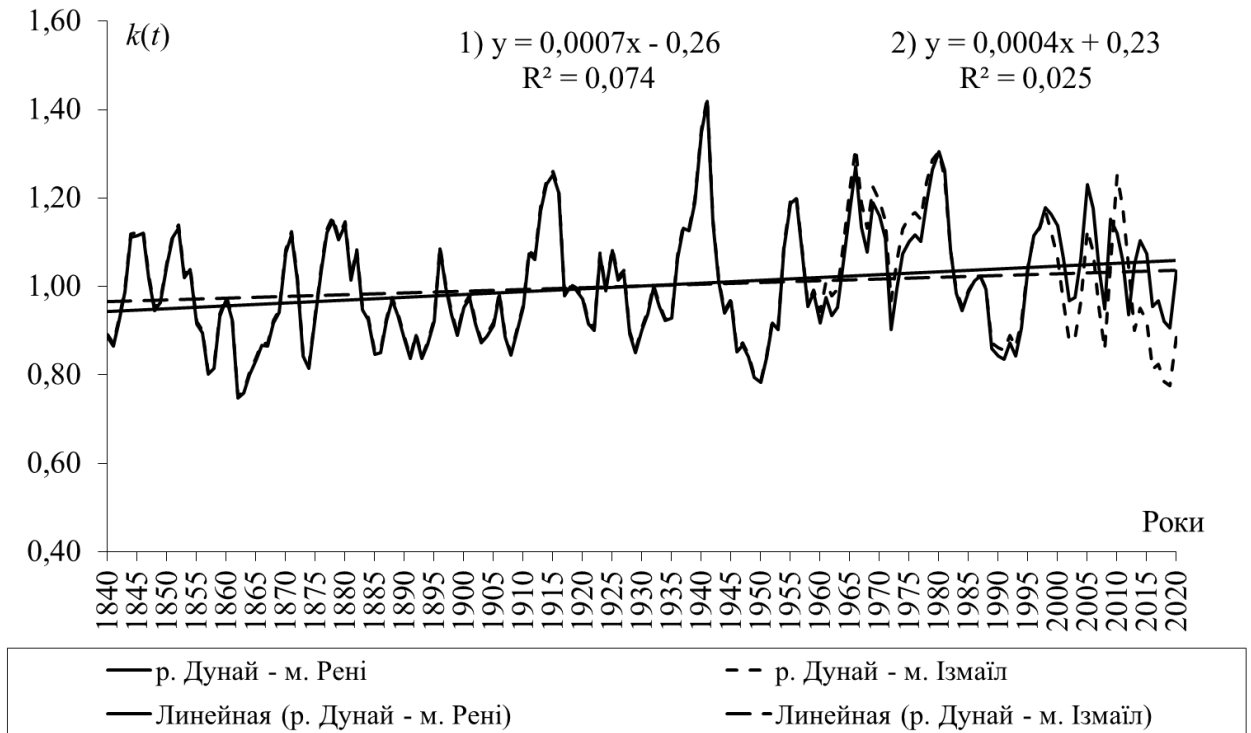


Рисунок 4.1 – Хронологічні графіки ходу середньорічних витрат води (трирічні ковзні) на ділянці р. Дунай – м. Рені та р. Дунай – м. Ізмаїл (1840-2020 рр.)

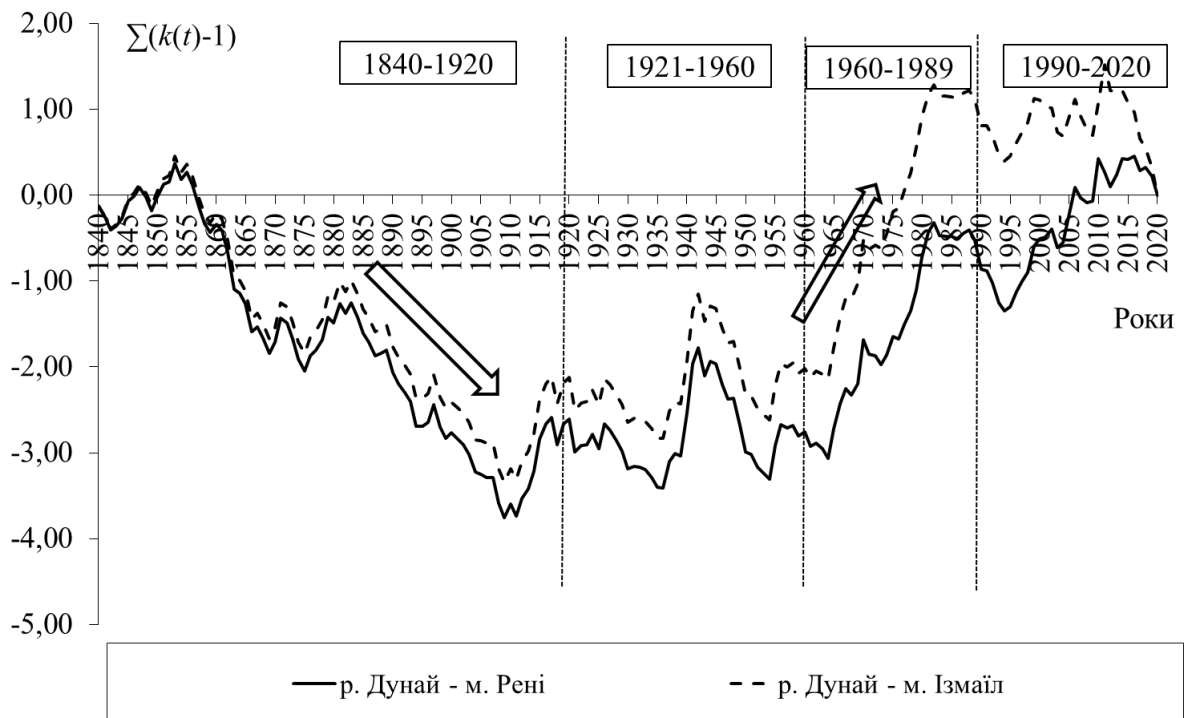


Рисунок 4.2 - Різницево-інтегральні криві середньорічних витрат води р. Дунай на ділянці р. Дунай – м. Рені та р. Дунай – м. Ізмаїл (1840-2020 рр.)

Далі, в період від 60-х до 80-х років минулого сторіччя (тобто в період сильно зміненого (за В.Н. Михайловим [1]) режиму і до початку суттєвих кліматичних змін) виявлений позитивний тренд, причина якого на думку авторів [1] є більш природня, ніж вплив антропогенного чинника, зокрема, безповоротних втрат стоку води. Більш того, основне збільшення водності річки, як відмічено в [1], припало якраз на період збільшених заборів води на господарські потреби і регулювання стоку водосховищами.

Подовження часових рядів середніх річних витрат води до 2020 р. показало, що на відміну від висновку авторів [1], якими період з 1981 по 2002 рр. охарактеризовано нейтральним трендом, дозволило вважати, що у період після 1989 р., тобто в період відчутних кліматичних змін (сучасний період водності) мала місце тенденція до деякого зниження, а потім повільного зростання річного стоку води нижньої течії р. Дунай, що підтверджується в [23]. Такий висновок підтверджений і у роботі [31], коли 1995 р. вважається початком багатоводної фази водності в нижній течії р. Дунай.

Зміна режиму стоку р. Дунай обумовлена крім кліматичних, й антропогенними чинниками, зокрема, обвалуванням русла річки на придельтовій ділянці (1987-1991 рр.) [1], а також гідротехнічними заходами на рукавах Тульчинському і Кілійському, що призвело до перерозподілу стоку води між ними [36].

Максимальний стік води (найбільші характерні витрати води) нижньої течії р. Дунай зазвичай формується у період весняно-літнього водопілля в результаті інтенсивного танення сезонних снігів у верхній течії річки і накладення на талий стік дощових опадів. Досить рідко максимумами виникають у період заторних льодових явищ та при їх проривах [3-5, 24,25,27].

Багаторічна мінливість максимальних (найбільших) витрат води у період з 1921-2020 рр. показала, що останнім часом максимальні річні витрати води дещо збільшуються при значущих коефіцієнтах кореляції для м.

Рені ($r=0,47$) та м. Ізмаїл ($r=0,36$) (рис.4.3), що пояснює зростання водності Дунаю (рис. 4.1), що підтверджує висновки [8, 23].

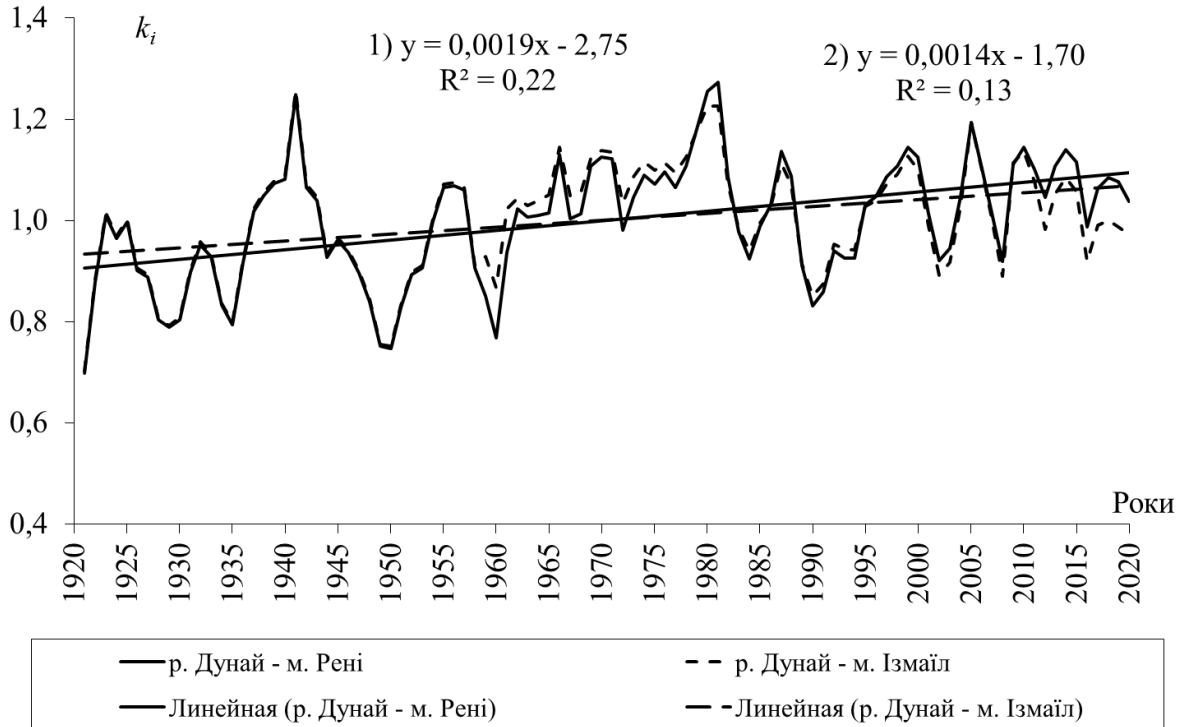


Рисунок 4.3 – Хронологічні графіки ходу найбільших витрат води (трирічні ковзні) на ділянці р. Дунай – м. Рені та р. Дунай – м. Ізмаїл (1921-2020 рр.)

Аналіз різницево-інтегральних кривих максимальних витрат води у період з 1921-2020 рр. (рис.4.4) говорить про те, що багаторічний період спостережень за максимальним стоком загалом характеризується наявністю маловодного (1921-1960 рр.), що підтверджується в роботі [1] і, в цілому, багатоводного (1961-2020 рр.) періодів. Слід зазначити, що в період з 1989 р. спостерігається деяке зменшення інтенсивності наростання максимальних витрат води у зв'язку з кліматичними змінами і змінами водного режиму річок в цей період, особливо обумовленого зменшенням тало-дощових вод на басейні [8, 23]. При цьому аналіз та висновки авторів [1] говорять про те, що створення на р. Дунай водосховищ Залізні ворота-I (1970 р.) і Залізні Ворота

– II (1984 р.) істотно не вплинули на максимальний стік (зокрема їх зменшення після спорудження водосховищ).

Такий висновок підтверджується в роботах [8, 23].

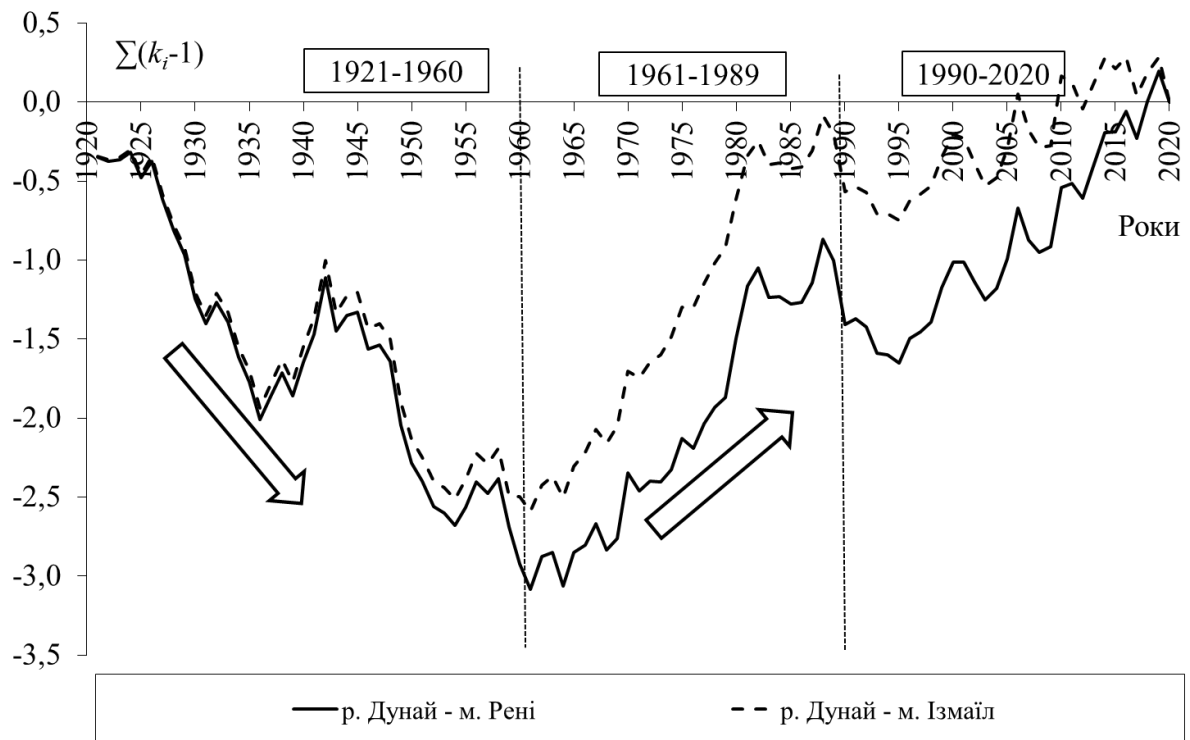


Рисунок 4.4 – Різницево-інтегральні криві найбільших витрат води на ділянці р. Дунай – м. Рені та р. Дунай – м. Ізмаїл (1921-2020 рр.)

Мінімальні (найменші характерні) витрати води відмічаються в періоди літньої та зимової межени. Це пов'язано з малою кількістю атмосферних опадів та виснаженням підземного стоку. Інколи, але досить рідко мінімальні витрати спостерігаються під час льодових явищ і пов'язані із заторами [3-5, 24,25,27]. Водосховища Залізні Ворота-I та Залізні Ворота-II суттєвого впливу як на максимальний, так і на мінімальний стік не мають [1].

Дослідження хронологічних графіків ходу найменших витрат води (трирічні ковзні) на ділянці р. Дунай м. Рені – м. Ізмаїл (1921-2020 рр.) виявило, як й для мінімальних рівнів води (див. рис. 3.3), незначні позитивні тренди (для м. Рені (при значущому коефіцієнті кореляції для м. Рені ($r=0,32$) та при незначущому коефіцієнті кореляції для м. Ізмаїл ($r=0,042$)) (рис. 4.5).

В роботі [1] таке підвищення мінімальних витрат води пов'язують з можливим скидом води в нижні б'єфи гідровузлів водосховищ Залізні Ворота-I та Залізні Ворота-II у літньо-осінній меженний період. При цьому авторами [1] вважалося, що середня величина мінімальних витрат води за багаторічний період практично не змінилася.

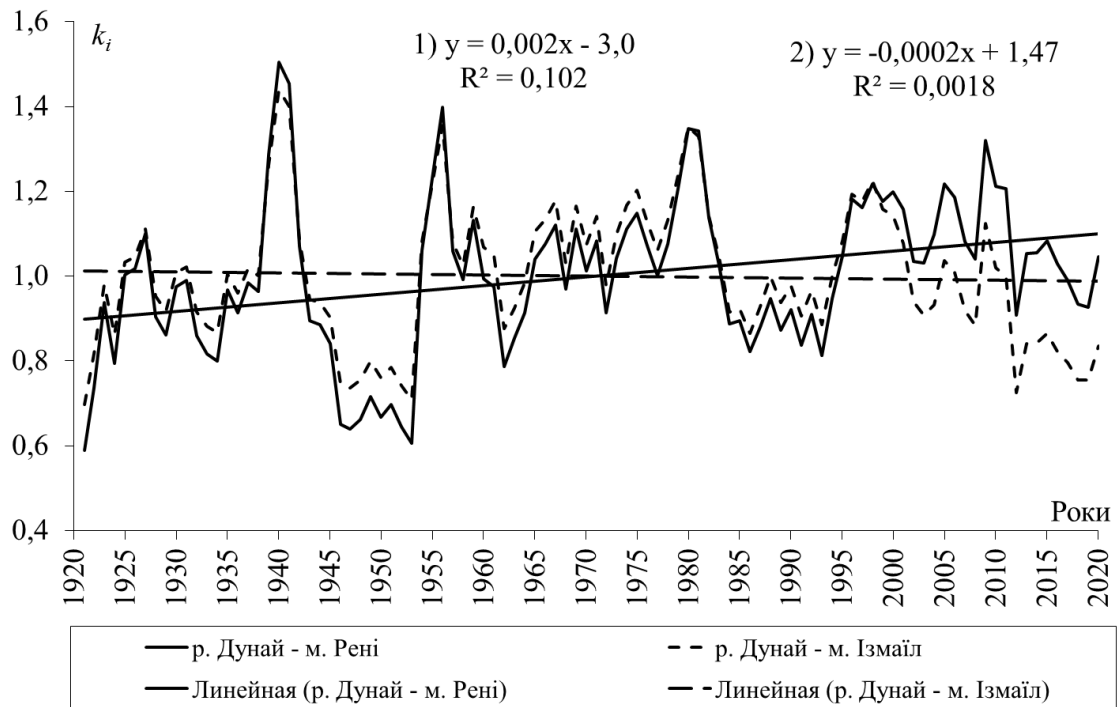


Рисунок 4.5 – Хронологічні графіки ходу найменших витрат води (трирічні ковзні) на ділянці р. Дунай – м. Рені та р. Дунай – м. Ізмаїл (1921-2020 рр.)

Різницево-інтегральні криві найменших витрат води наведені на рис.4.6

Аналіз різницево-інтегральних кривих найменших витрат води на ділянці р. Дунай м. Рені – м. Ізмаїл (1921-2020 рр.) показав в цілому синхронність їх ходу в меженний період для обох постів (рис. 4.6).

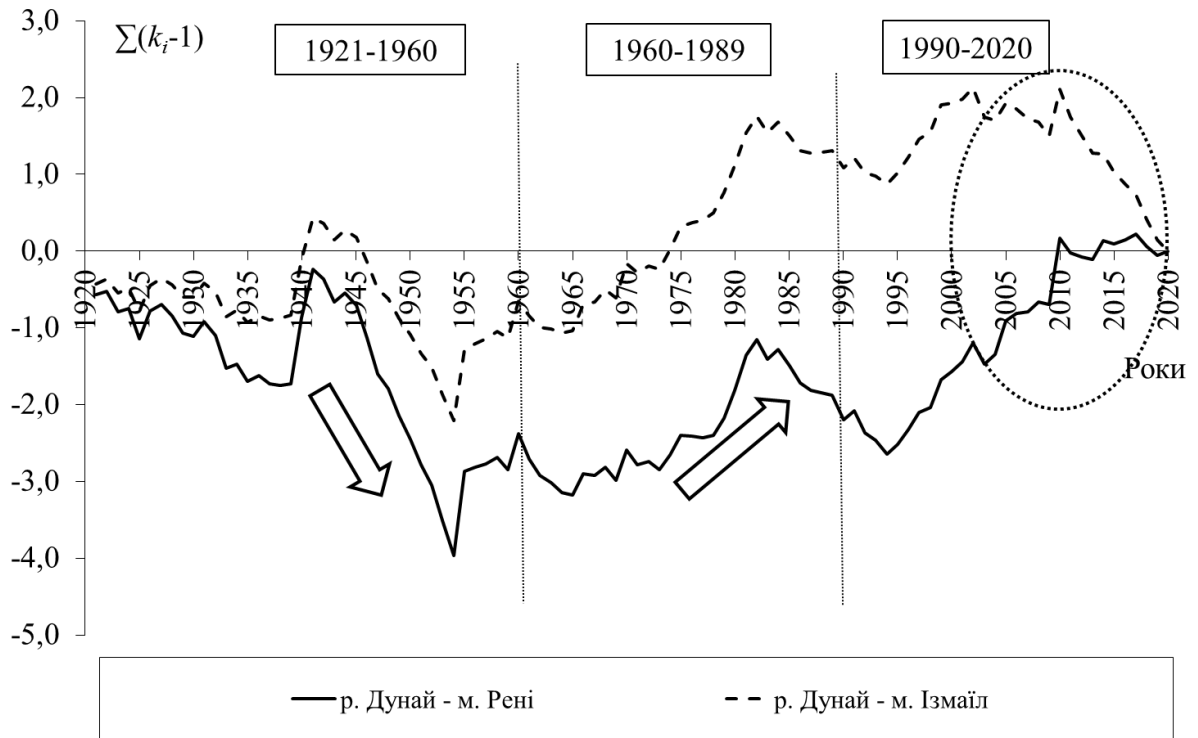


Рисунок 4.6 – Різницево-інтегральні криві найменших витрат води на ділянці р. Дунай – м. Рені та р. Дунай – м. Ізмаїл (1921-2020 рр.)

Однак у період з 2000-х років спостерігаються розбіжності тенденцій змін меженого стоку дельти Дунаю в г/с 54 міля (м. Рені) і 115 км (м. Ізмаїл) [8, 23]. Причину цього можна пояснити перерозподілом водного стоку між рукавами дельти – зменшення частки стоку Кілійського рукава і збільшення Тульчинського, в основному за рахунок збільшення водності Сулінського рукава. Крім того, у зв'язку з проведеними гідротехнічними заходами по штучному скороченню довжини Георгіївського рукава (в 1981-1992 рр.), спорудженню в 1983 р. каналу «35 міля», відволікаючого помітну частину стоку Тульчинського рукава на обводнення дельти, спостерігалось збільшення не тільки середньої річної частки стоку цього рукава, але й значної частки стоку в межень [1].

Автором даної роботи зроблено висновок про те, що за зведеним часовим рядом середні (за період 1840-2020 рр., тривалістю 181 років), найбільші і найменші (1921-2020 рр., періодом 100 років) має місце наявність

слабко вираженого тренду до підвищення максимальних витрат води та не значного зростання середніх і мінімальних витрат води [37].

Такий висновок підтверджується в роботах [8, 23].

4.4 Статистичні параметри рядів витрат води

В результаті статистичної обробки зведених багаторічних рядів витрат води, на основі застосування методів моментів і найбільшої правдоподібності одержані стандартні параметри розподілу - середні значення $Q_{сер}$, м³/с, коефіцієнти варіації C_v та асиметрії C_s (або їх співвідношення C_v/C_s).

Статистичні параметри часового ряду середніх, максимальних і мінімальних річних витрат води в м. Рені (г/с 54 міля) і м. Ізмаїл (г/с 115 км) наведені у табл.4.1

В роботі [1] відзначено, що через те, що водний стік Дунаю природньо зарегульований великої відмінності в характері внутрішньорічного розподілу стоку в маловодні, середньоводні і багатоводні роки, загалом, не відмічається, а коефіцієнти варіації річного стоку невисокі (0,15-0,21) та практично не змінюються у часі. Для зведеного ряду середніх річних витрат води (1840-2020 рр., 181 років) коефіцієнти варіації становлять для обох постів 0,19, а співвідношення C_v/C_s – на рівні 2,5 м для Рені і 2,20 для м.Ізмаїл (табл. 4.1). Для максимальних витрат води гідростворів м. Рені та м. Ізмаїл (для періоду 1921-2020 рр., 100 років) коефіцієнти варіації одержані рівними 0,18, для мінімальних витрат води C_v дещо вищі для створу м. Рені і становлять 0,29.

Співвідношення C_v/C_s максимальних витрат води весняно-літнього водопілля становлять 0,10 - 0,40 (м. Рені), зменшуючись до 0-0,4 (м. Ізмаїл). Для мінімальних витрат води, вони значно більші і становлять для створу м. Рені 3,80-3,90, збільшуючись для м. Ізмаїл до 4,40-4,50.

Таблиця 4.1 - Статистичні характеристики часових рядів стоку води
р. Дунай по м. Рені та м. Ізмаїл

Статистична величина	$Q_{сер}$ м ³ /с	$r(1)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
			C_v	C_s	C_s/C_v	C_v	C_s	C_s/C_v
р. Дунай - м. Рені								
середні	6340	0,25	0,19	0,46	2,50	0,19	0,47	2,50
максимальні	11289	0,15	0,18	0,02	0,10	0,18	0,06	0,40
мінімальні	2924	0,11	0,29	1,08	3,80	0,29	1,11	3,90
р. Дунай - м. Ізмаїл								
середні	3673	0,29	0,19	0,41	2,20	0,19	0,42	2,20
максимальні	6228	0,13	0,17	-0,06	-0,30	0,17	0,01	0,00
мінімальні	1791	0,13	0,25	1,08	4,40	0,25	1,11	4,50

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було досліджено гідрологічний режим української частини річки Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл, часова змінність стоку води під впливом природних і антропогенних факторів.

До основних висновків можна віднести:

1) дослідження гідрологічного режиму української частини річки Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл показало, що вони мають багаторічні тенденції і сезонні коливання, найбільш багатоводною фазою його водного режиму є весняно-літнє водопілля;

2) надана фізико-географічна характеристика дельти Дунаю та розглянуто на його ділянці рельєф, гідрографічну мережу, ґрунти та рослинність;

3) проаналізовано його клімат, та господарську діяльність на дельту Дунаю, яка відіграє вкрай важливу роль на розвиток Придунайського регіону;

4) здійснено оцінку як природних, так і антропогенних змін стоку води при аналізі формування гідрологічного режиму в гирлі Дунаю;

5) **Результатами статистичного аналізу багаторічних рядів спостережень** на р. Дунай на ділянці м. Рені – м. Ізмаїл стали наступні:

5.1) досліджено часові тренди середніх, максимальних і мінімальних рівнів води за період 1921-2020 рр., які показують наявність слабо вираженого додатного зростання рівнів води протягом тривалого часу, що більш відчутно для максимальних рівнів води;

5.2) встановлено, що за зведеним часовим рядом середні (за період 1840-2020 рр., тривалістю 181 років), найбільші і найменші (1921-2020 рр., періодом 100 років) має місце наявність слабо вираженого тренду до підвищення максимальних витрат води та не значного зростання середніх і мінімальних витрат води.

5.3) Для зведеного ряду середніх річних витрат води (1840-2020 рр., 181 років) коефіцієнти варіації становлять для обох постів 0,19, а співвідношення C_v/C_s – на рівні 2,2-2,5.

Для максимальних витрат води гідростворів м. Рені та м. Ізмаїл (для періоду 1921-2020 рр., 100 років) коефіцієнти варіації одержані рівними 0,18, при співвідношенні C_v/C_s 0,10 - 0,40 (м. Рені), зменшуючись до 0-0,4 (м. Ізмаїл).

Для мінімальних витрат води C_v дещо вищі для створу м. Рені і становлять 0,29, а C_v/C_s значно більші і становлять для створу м. Рені 3,80-3,90, збільшуючись для м. Ізмаїл до 4,40-4,50.

6. Таким чином, незначне підвищення у багаторічному періоді стоку води р. Дунай на ділянці м. Рені – м. Ізмаїл буде сприятиме розвитку господарства і водопостачання регіону, зрошуваного землеробства, регулюванню наповнення Придунайських озер слабко мінералізованими річними водами.

Взагалі в роботі було використано матеріали Державного водного кадастру, монографічні і довідкові видання, спостереження Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (ДГМО, м. Ізмаїл), що значно допомогло розглянути гідрологічний режим Дунаю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михайлов В.Н. Гидрология дельты Дуная / под ред. В. Н. Михайлова. – Москва: ГЕОС, 2004. 449 с.
2. Ecological gradients in the Danube Delta lakes, RIZA report, 2000, 167 p.
3. Гидрология устьевой области Дуная / под ред. Я.Д. Никифорова и К. Дьякону. Москва: Гидрометеиздат, 1963. 383 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия (без бассейна р. Днестр) / под ред. М.С. Каганера. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 491 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия / под ред. М.С. Каганера. Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. 884 с.
6. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 234 с.
7. Кліматичний кадастр України (6 ч.). Державна гідрометеорологічна служба. Київ, 2006, електронний ресурс. URL: climate_cgo@inbox.ru (дата звернення: 25.05.2019).
8. Шакірманова Ж.Р., Романова Є.О. Водний і сольовий режими озера Катлабух : монографія. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. 336 с. ISBN 978-966-186-167-0
<http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/9594/>
9. Ель Хадрі Ю., Берлінський М. А., Сліже М. О. Сучасні кліматичні зміни в Чорноморському регіоні. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, 2021, вип. 25. С.8-19. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-01>
10. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 2011-2015 рр. та весь період спостережень).

- Частина 1. Річки. Випуск 1. Басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу. Довідкове видання. Київ, 2017. 465 с.
11. Guide to hydrological practices. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications. WMO-No. 168. Fifth edition. World Meteorological Organization, 1994. 770 p.
 12. Guide to Hydrological Practices. Volume II. Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices WMO-No. 168. World Meteorological Organization, 2009. 302 p.
 13. Стадник М.Є. Оцінювання ефективності водокористування в Україні. Науковий Вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.10. С. 257-262.
 14. Офіційний сайт Державної служби статистики України. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 15.10.2022).
 15. Basson, M.S., C. Triebel and J. Van Rooyen, 1988: Analysis of a multi-baisn water resource system: A case study of the Vall River system. IWRA VIth World Congress on Water Rsources, Ottawa, Canada.
 16. Basson, M.S., R.B. Allen, G.G.S Pegram and J.A. Van Rooyen, 1994: Probabilistic Management of Water Resource and Hydropower Systems. Highlands Ranch, Colorado, Water Resource Publications.
 17. Гопченко Є.Д., Шакірманова Ж.Р., Овчарук В.А. Сучасні математичні моделі в гідрологічних розрахунках і прогнозах: конспект лекцій. Електронна версія, 2016. 154 с.
 18. Box, G.E.P. and G.M. Jenkins, 1970: Time Series Analysis: Forecasting and Control. San Francisco, Holden-Day.
 19. Pegram, G.G.S. and R.S. McKenzie, 1991: Synthetic streamflow generation in the Vaal River system study. Proceedings of the South African Institution of Civil Engineering, January, pp. 15–24.
 20. Hipel, W.H., A.I. McLeod and W.C. Lennox, 1977: Advances in Box– Jenkins Modelling. Water Resources Research, 13(3):567–575, <http://fisher.stats.uwo.ca/faculty/aim/vita/pdf/Advances1.pdf> .

21. Schulze, R.E. and L.A. Perks, 2000: Assessment of the Impact of Climate Change on Hydrology and Water Resources in South Africa. ACRU Report No. 33, School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology, University of Natal, South Africa.
22. **Волкова М.Ю.** Основні напрями виробничої діяльності по управлінню водними ресурсами України та аналіз умов формування стоку весняного водопілля 2021-2022 р. *Матеріали Студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету - 2022*, 11-18 травня 2022 р., Одеса: ОДЕКУ. 2022. С. 211-215.
23. Temporal variation of water discharges in the lower course of the Danube River across the area from Reni to Izmail under the influence of natural and anthropogenic factors / Yelyzaveta Romanova, Zhannetta Shakirzanova, Valeriya Ovcharuk et al. *Energetika*. 2019. T. 65. Nr. 2-3. Pp. 144-160. doi.org/10.6001/energetika.v65i2-3.4108.
24. Дунай и Придунайские водоемы в пределах СССР. Издательство академии наук Украинской ССР. Киев, 1961. 203 с.
25. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины. Київ: Наукова думка, 2006. 383 с.
26. Вишневський В.І., Косоветь О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ : Ніка Центр, 2003. 324 с.
27. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ланшафтно-гідрологічний аналіз): монографія. Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
28. Швебс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: навчально – довідковий посібник. Одеса: Видавництво Астропринт, 2003. 392 с.
29. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник / За ред. В.М. Хорєва, К.А. Алієва. Київ: Ніка-Центр, 2001. 392 с.
30. Бондар К. Тенденция и цикличность годового стока воды на Дунае у входа в дельту. *XVI Конференция придунайских стран по гидрологическим основам водного хозяйства*. Кельхейм 18-22 мая 1992.

- Сборник докладов. Национальный комитет ФРГ по МГП ЮНЕСКО. Кобленц. 1992. Том I. С. 321-325.
31. Gorbachova L., Khrystyuk B. The dynamics and probabilistic characteristics of the ice phenomena of the Danube River and its Kiliysky channel. *Conference proceeding «Water resource and wetlands»*: 14-16 September 2012, Tulcea, Romania // In. Casretescu P, Lewis W., Bretcan P. (eds). 2012. Pp. 319-324.
32. Общие сведения о реке Дунай / Дунайская комиссия. URL: http://www.danubecommission.org/index.php/ru_RU/danube (дата обращения: 22.10.2022)
33. Шакірзанова Ж.Р., Кічук Н.С., Кічук І.Д., Медведєва Ю.С. Дослідження окремих складових гідрологічного та гідрохімічного режимів річки Дунай на українській ділянці Рені-Ізмаїл // Український гідрометеорологічний журнал. 2020. № 26. С.102-115. [doi:10.31481/uhmj.26.2020.09](https://doi.org/10.31481/uhmj.26.2020.09).
34. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Ленинград: Гидрометеоиздат. 1984. 447 с.
35. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник. Одеса, ТЕС, 2014, 483 с.
36. Корнилов М.В. Многолетнее перераспределение стока воды по рукавам дельты Дуная. *Труды V Конф. «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежных морей»*. Москва: Ин-т водных проблем, 1999. С. 424-425.
37. **Волкова М.Ю.** Часова змінність стоку води в нижній течії р.Дунай під впливом природних і антропогенних факторів. *Матеріали Студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету - 2023, 10-17 травня*, Одеса: ОДЕКУ. 2023. С.461-465.