

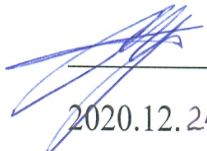
УДК 556.166  
КП XXXXXX  
№ держреєстрації 0118U001221  
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(ОДЕКУ)

65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15  
тел. (0482) 63-62-09

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з НР ОДЕКУ  
д.г.н., проф.

  
Гучковенко Ю.С.  
2020.12.24

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Регіональні наукові дослідження в області гідрологічних розрахунків і  
прогнозів водного режиму річок і водойм України

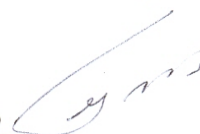
ПРОСТОРО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ І  
ГІДРОХІМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО ОКРЕМИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ  
(проміжний)

Керівник НДР

д.г.н., проф.,

академік АН ВШ

2020.12.



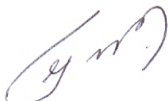





Гопченко Є.Д.

Рукопис закінчено 1 грудня 2020 р.

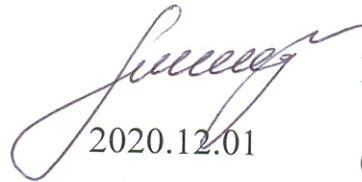
Результати цієї роботи розглянуто Науково-технічною радою ОДЕКУ

протокол від 2020.12.24 № 5

## СПИСОК АВТОРІВ

Доктор географічних наук, професор, академік АН ВШ України, науковий керівник	 2020.12.01	Є. Гопченко (розд. 1.1, розд. 1.2, розд.2.1)
Доктор географічних наук, професор	 2020.12.01	Ж. Шакірзанова (вступ, висновки, розд. 5.5, розд. 6.1)
Доктор географічних наук, доцент	 2020.12.01	В. Овчарук (розд. 1.3, розд. 1.4, розд. 2.2, розд. 2.5, розд.3.1, розд.3.2)
Кандидат географічних наук, доцент	 2020.12.01	Н. Кічук (розд.6.3)
Кандидат географічних наук, доцент	 2020.12.01	М. Бурлуцька (розд. 4)
Кандидат географічних наук, доцент	 2020.12.01	М. Романчук (розд. 6.4)

Кандидат географічних  
наук, старший викладач



2020.12.01

М. Гопцій  
(розд. 2.4)

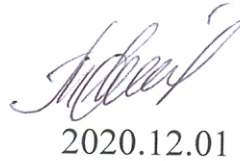
Кандидат географічних  
наук, старший викладач



2020.12.01

М. Погорелова  
(розд. 5.6)

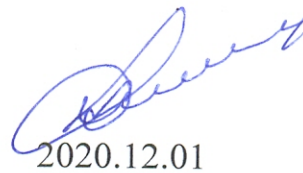
Кандидат географічних  
наук, старший викладач



2020.12.01

О. Тодорова  
(розд. 2.3, розд.2.3.3,  
розд. 2.3.4)

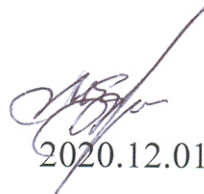
Старший викладач



2020.12.01

І. Кічук  
(розд. 6.2)

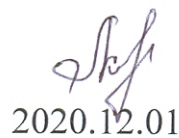
Завідувач відділу наукової  
роботи студентів



2020.12.01

К. Мирза  
(розд.2.3.1,  
розд. 2.3.2)

Диспетчер  
Гідрометеорологічного  
інституту



2020.12.01

Л. Кущенко  
(розд.3.3, розд.3.4)

Заступник завідувача  
підготовчим відділом

2020.12.01

А. Докус  
(розд. 5.1-5.4)

Нормоконтролер  
Відповідальний від кафедри  
гідрології суші

О.Тодорова

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 369 с., 126 рис., 70 табл., 173 джерел.

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ, ПРОСТОРО-ЧАСОВІ УЗАГАЛЬНЕННЯ,  
ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНА І ГІДРОХІМІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

Об'єкт дослідження – просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної і гіdroхімічної вихідної інформації в різні фази водного режиму по окремих регіонах України.

Мета роботи – створити сучасну регіональну базу багаторічної гідрометеорологічної і гіdroхімічної вихідної інформації, здійснити статистичний аналіз та обробку часових рядів, просторово-часові узагальнення статистичних характеристик по стоку і гіdroхімії річок і водойм в різні фази водного режиму.

Методи дослідження – статистичний аналіз та обробка часових рядів на матеріалах сучасних спостережень, просторо-часові узагальнення та аналіз статистичних характеристик.

Одержані результати та їх новизна – здійснено статистичний аналіз та обробка часових рядів на матеріалах сучасних спостережень гіdroлогічного режиму річок (максимальний, мінімальний, річний рівнинних і гірських річок) та гіdroхімічних показників води річок і водойм, встановлено багаторічні і сучасні тенденції цих характеристик; здійснено розрахунки щодо складових водного балансу водойм для оцінки їх гіdroекологічного стану, використано сучасні методи оцінки якості природніх вод для просторо-часового аналізу гіdroхімічного стану природніх вод.

Умови одержання звіту: за договором. ОДЕКУ, 65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15.

## ЗМІСТ

	Вступ.....	12
1	Методи статистичної обробки гідрометеорологічної інформації...	15
	1.1 Критерії однорідності часових рядів.....	15
	1.2 Тренди та циклічність в гідрологічних рядах.....	19
	1.3 Визначення статистичних параметрів часових рядів.....	21
	1.4 Оцінка точності вихідної інформації.....	25
2	Просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації по максимальному стоку в окремих регіонах України.....	27
	2.1 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку весняного водопілля річок Причорноморської низовини .....	27
	2.1.1 Аналіз однорідності часових рядів шарів стоку та максимальних витрат води річок Причорноморської низовини....	27
	2.1.2 Статистична обробка часових рядів шарів стоку та максимальних витрат води річок Причорноморської низовини.....	29
	2.1.3 Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів.....	37
	2.2 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку весняного водопілля річок басейну р. Десна.....	43
	2.2.1 Оцінка однорідності та стаціонарності часових рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Десна.....	46
	2.2.2 Дослідження циклічності максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Десна.....	50
	2.3 Створення регіональної бази багаторічної вихідної	54

	гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку тало-дощових паводків для річок Гірського Криму.....	
	2.3.1 Оцінка однорідності і стаціонарності гідрометеорологічної інформації по максимальному стоку тало-дощових паводків.....	55
	2.3.2 Дослідження трендів та циклічності у рядах максимальних витрат води та шарів тало-дощового стоку річок Гірського Криму..	55
	2.3.3 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку тало-дощових паводків на річках Гірського Криму та просторово-часове узагальнення статистичних параметрів часових рядів.....	59
	2.3.4 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку тало-дощових паводків .....	60
	2.4 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття.....	61
	2.4.1 Оцінка однорідності і стаціонарності гідрометеорологічної інформації по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття...	63
	2.4.2 Дослідження трендів та циклічності у рядах максимальних витрат води та шарів стоку річок Прикарпаття.....	66
	2.4.3 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття. Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів.....	68
	2.4.4 Оцінка точності вихідних даних по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття.....	70
	2.5 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку річок басейну р. Вісла.....	71
	2.5.1 Оцінка однорідності та стаціонарності часових рядів	71

	максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла.....	
	2.5.2 Дослідження циклічності максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла.....	77
	2.5.3 Статистична обробка та узагальнення статистичних параметрів часових рядів по максимальному стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла.....	85
	2.5.4 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку весняного водопілля та дощових паводків басейну р. Вісла.....	100
3	Просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації по мінімальному стоку річок зони недостатньої водності України ....	103
	3.1 Створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку зимової межені річок.....	103
	3.2 Створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку літньо-осінньої межені річок.....	107
	3.3 Визначення статистичних характеристик мінімального стоку зимової межені річок зони недостатньої водності України.....	111
	3.4 Визначення статистичних характеристик мінімального стоку літньо-осінньої межені річок зони недостатньої водності України. Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів.	117
4	Просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації по річному стоку в окремих регіонах України (на прикладі басейнів річок Стир, Горинь та Случ).....	128
	4.1 Створення регіональної бази багаторічної вихідної інформації та статистична обробка рядів річних модулів стоку.....	129
	4.2 Визначення статистичної однорідності у стокових рядах басейнів річок Стир, Горинь, Случ.....	132
	4.3 Виявлення тренду у часових рядах річного стоку басейнів річок Стир, Горинь, Случ.....	135



	4.4. Виділення циклів водності за допомогою різницевої інтегральних кривих у часових рядах річного стоку в басейні річок Стир, Горинь, Случ.....	136
5	Просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації для розробки методики прогнозу характеристик стоку в басейні р. Південний Буг.....	138
	5.1 Створення регіональної бази вихідної гідрологічної, метеорологічної та агрометеорологічної інформації періоду проходження весняного водопілля в басейні р. Південний Буг.....	138
	5.2 Оцінка впливу зарегульованості річкового стоку в басейні р. Південний Буг на характеристики весняного водопілля.....	142
	5.3 Статистична обробка часових рядів стокових характеристик та агро- та метеорологічних чинників формування стоку. Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів.....	146
	5.4 Районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок.....	151
	5.4.1 Основні підходи до узагальнення річкового стоку та районування територій.....	152
	5.4.2 Виявлення основних факторів формування максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг при використанні факторного аналізу.....	155
	5.4.3 Гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок при використанні кластерного аналізу.....	160
	5.5 Врахування комплексу гідрометеорологічних чинників при прогнозуванні типу водності весняного водопілля в басейні р. Південний Буг та методика їх визначення.....	163
	5.6 Створення регіональної бази вихідної гідрологічної інформації періоду меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг.....	175

	5.6.1 Збір вихідної інформації по витратах води для розробки методики прогнозів стоку річок меженного періоду Південного Бугу.....	175
	5.6.2 Підготовка і формування бази вихідних даних для побудови прогнозних залежностей в період літньо-осінньої межені.....	175
	5.6.3 Розрахунок статистичних характеристик часових рядів меженного стоку річок (середньоквадратичного відхилення та допустимої похибки прогнозів).....	180
6	Просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної та гідрохімічної інформації по придунайському регіону України. Водний баланс озер.....	183
	6.1 Створення регіональної бази для розрахунків водного балансу озер, статистична обробка часових рядів вихідної гідрометеорологічної та їх узагальнення по придунайському регіону України.....	183
	6.1.1 Гідрометеорологічна мережа спостережень та створення регіональної бази для розрахунків водного балансу водойм.....	184
	6.1.2 Статистична обробка часових рядів гідрометеорологічних даних як основних складових водних балансів озер.....	190
	6.1.3 Аналіз та узагальнення вихідних даних по рівнях та витратах води, дослідження водного режиму р. Дунай (українська частина від м. Рені до м. Ізмаїл).....	208
	6.1.4 Дослідження часової однорідності та статистичні параметри багаторічних рядів стоку води р. Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл.....	218
	6.2 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та просторовий аналіз	223

природного середовища для формування гідрохімічного режиму в озері Ялпуг-Кугурлуй.....	
6.2.1 Географічне положення і рельєф.....	224
6.2.2 Особливості водного режиму.....	226
6.2.3 Антропогенне навантаження.....	227
6.2.4 Моніторинг досліджуваної території.....	228
6.3 Гідрохімічна характеристика озера Ялпуг-Кугурлуй.....	231
6.3.1 Мінералізація і головні іони.....	231
6.3.2 Вміст у воді біогенних елементів.....	241
6.3.3 Вміст у воді забруднюючих речовин.....	248
6.4 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації для гідрохімічних показників якості води малих річок, що належать до басейну озера Катлабух...	257
6.4.1 Характеристика малих річок, що належать до басейну озера Катлабух.....	257
6.4.2 Часові зміни якості води р. Великий Катлабух.....	261
6.4.2.1 Характеристика змін завислих речовини, БСК <sub>5</sub> , O <sub>2</sub> ....	261
6.4.2.2 Аналіз змін мінералізації та головних іонів р.Великий Катлабух.....	264
6.4.2.3 Характеристика часових змін біогенних речовин.....	267
6.4.2.4 Характеристика змін у часі речовин токсичної дії.....	269
6.4.3 Екологічна оцінка якості води р. Великий Катлабух.....	270
Висновки.....	279
Перелік посилань .....	295
Додатки.....	317

## ВСТУП

Просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної і гідрохімічної вихідної інформації є основою розробки нових або удосконалення існуючих методів розрахунків та прогнозів гідрологічного стану водних об'єктів в різні фази водного режиму по окремих регіонах України.

Метою даного етапу роботи є створення сучасної регіональної бази багаторічної гідрометеорологічної і гідрохімічної вихідної інформації, здійснення статистичного аналізу та обробки часових рядів, просторово-часових узагальнень статистичних характеристик по стоку і гідрохімії річок і водойм в різні фази водного режиму.

Завданнями третього етапу роботи кафедри гідрології суші у 2020 р. є такі:

- огляд методів статистичної обробки гідрометеорологічної інформації;
- просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації по максимальному стоку в окремих регіонах України;
- просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації по мінімальному стоку річок зони недостатньої водності України;
- просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації по річному стоку в окремих регіонах України;
- просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної інформації для розробки методики прогнозу характеристик стоку в басейні р. Південний Буг та річок Причорномор'я;
- просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної та гідрохімічної інформації по придунайському регіону України. Водний баланс озер.

Методи дослідження, що використані в роботі – статистичний аналіз та обробка часових рядів на матеріалах сучасних спостережень, просторо-часові узагальнення та аналіз статистичних характеристик.

Результати проміжного звіту використовуються в Гідрометцентрі Чорного та Азовського морів в області надання науково-методичних та практичних рекомендацій щодо статичної обробки гідрометеорологічних рядів на матеріалах сучасних спостережень по стоку річок в різні фази водного режиму, узагальнення статистичних параметрів по території (Акт використання від 12 листопада 2020 р.).

Крім науково-педагогічних працівників, до виконання науково-дослідної теми залучені аспіранти, магістри та студенти кафедри гідрології суші. Результати за виконаною тематикою кафедральної науково-дослідної роботи використані при проведенні наукових заходів – написанні курсових проектів, бакалаврських та магістерських робіт.

Деякі аспекти НДР використані при підготовці методичних вказівок у 2019-2020 н.р. – «Методичних вказівок до виконання курсового проекту та бакалаврської кваліфікаційної роботи», «Збірника методичних вказівок по виконанню практичних завдань з дисципліни «Основи геохімії та ґрунтознавство» (розділ «Основи геохімії»).

Результати НДР використано в магістерських кваліфікаційних роботах Гурина А.С. «Максимальний стік річок північно-західного схилу Кримських гір» (наук.кер. Тодорова О.І., канд. геогр. наук, ст. викладач) , Кривошолова І.А. «Визначення характеристик річного стоку на прикладі басейнів річок Стир, Горинь, Случ» (наук.кер. Бурлуцька М.Е., канд. геогр. наук, доцент), Артинової І.І. «Комплекс заходів щодо покращення стану водних ресурсів оз. Ялпуг-Кугурлуй» (наук.кер. Кічук І.Д., ст.викл.) (Акт використання від 27 листопада 2020 р.).

Основні результати розділу НДР використані при підготовці дисертаційних робіт аспірантів кафедри гідрології суші першого-другого року навчання – Мартинюка М.О. (пп.2.5.1-2.5.4), другого-третього року навчання Іващенко С.В. (пп.2.2.1-2.2.2), Ємельянової К.Б. (п. 2.1), четвертого року навчання – Романової Є.О., (пп.6.1.1, 6.1.2) (захищено дисертацію доктора

філософії 13.10.2020 р.), здобувачів Кущенко Л.В. та Докус А.О., (захищено дисертацію кандидата наук 04.12.2020 р.).

Подальше дослідження буде спрямоване на регіональні обґрунтування та узагальнення розрахункових параметрів методів гідрологічного та гідрохімічного режимів річок і водойм окремих регіонів України, розрахунки сольового балансу Придунайських озер, оцінку якості вод за комплексом гідрохімічних показників.

# 1. МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Статистичні методи займають важливе місце при вирішенні багатьох задач і в першу чергу в галузі розрахунку характеристик максимального стоку. Враховуючи те, що у нашому розпорядженні у більшості випадків наявними є досить короткі часові ряди, поширене використання знайшли статистичні оцінки вибіркового параметрів розподілу. Інша особливість використання статистичних методів полягає в тому, що дуже часто, навіть за коротких часових рядів, наявні з них відзначаються неоднорідністю. А неврахування цих обставин може призвести до формального використання статистичних методів. Крім перелічених обмежень, слід мати на увазі й те, що гідрологічні ряди не завжди є чисто випадковими. Завдяки циклічності коливань у часових рядах відбувається порушення принципу випадковості. Тому наведені міркування необхідно брати до уваги, коли йдеться про використання статистичних методів у гідрології.

## 1.1 Критерії однорідності часових рядів

Використання статистичних методів передбачає наявність стаціонарності та однорідності вихідної інформації.

У роботі А.В. Рождественського [1] наводяться деякі приклади можливих причин неоднорідності вихідної інформації по стоку річок, зокрема: 1. Вплив чинників підстильної поверхні на водозборах річок (безстічні мікро- і макро пониження місцевості). 2. Регулювання річкового стоку й інша господарська діяльність (гідротехнічні споруди, сільськогосподарські заходи, агролісомеліорація, зрошування, перекидання

стоку тощо). 3. Вплив на річковий стік вирубки лісів. 4. Тимчасові ставки і невеликі водосховища, які у багатоводні роки часто руйнуються, іноді суттєво впливають, створюючи неоднорідність даних спостережень за максимальним стоком.

Також необхідно аналізувати можливий вплив на стік річок глобальних і регіональних змін клімату, які можуть суттєво порушувати стаціонарність гідрометеорологічних процесів.

*Критерії однорідності часових рядів.* У випадках, коли у розпорядженні дослідника є порівняно короткі ряди спостережень, для оцінки їх однорідності найчастіше за все використовується критерії Стьюдента та Фішера.

Критерій Фішера  $F$  [2], який використовується для перевірки гіпотези однорідності дисперсій, має вигляд:

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (1.1)$$

де  $\sigma_x^2$  і  $\sigma_y^2$  – дисперсії досліджуваних рядів, причому у чисельнику використовується з двох досліджуваних рядів більше її значення. Функція Фішера залежить від числа ступенів свободи  $k_1 = n_x - 1$  і  $k_2 = n_y - 1$ , де  $n_x$  і  $n_y$  – тривалість досліджуваних рядів.

За допомогою критерію середніх Стьюдента  $t$  оцінюється однорідність рядів, що характеризуються досить близькими значеннями дисперсій. Сам же критерій записується у вигляді [2]

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (1.2)$$



де  $\bar{y}$  і  $\bar{x}$  – середні значення двох рядів, що аналізуються на однорідність;  $\sigma_x^2$ ;  $\sigma_y^2$  – дисперсії вихідних рядів;  $n_x; n_y$  – тривалість порівнювальних рядів.

Статистика  $t$  підкоряється розподілу Стьюдента з числом ступенів свободи  $k = n_x + n_y - 2$ .

За нульову гіпотезу приймається умова, що  $\bar{y} = \bar{x}$ . Критична область статистики Стьюдента при рівні значущості  $q\%$  є областю абсолютних значень  $|t| > t_{q,k}$ .

Використання критеріїв однорідності при розрахунках стокових характеристик частіше за все стосується не двох часових рядів, а кожного з них окремо. Технічно це досягається за допомогою поділу кожної з вибірок на дві частини (тривалістю  $n_x$  і  $n_y$ ). Очевидно, що перевірки у такий спосіб підлягають доволі тривалі ряди (бажано не менше 40 членів ряду).

У 1955 р. Уїлкоксон запропонував непараметричний метод перевірки гіпотез однорідності, який дозволяє здійснювати перевірку частково залежних вибірок в тих випадках, коли дані вимірювань попарно взаємозв'язані.

Надалі цей критерій був удосконалений Манном й Уїтні [3], [4] і став одним з рекомендованих у діючих нормативних документах для оцінки однорідності стокових рядів.

Керівництвом з гідрологічної практики ВМО [5] при перевірці статистичних гіпотез рядів даних не рекомендовано використання статистичних параметричних критеріїв або тестів Стьюдента та Фішера (тобто t-тест і F-тест), на відміну від непараметричних, у зв'язку з тим, що гідрологічні ряди зазвичай не відповідають нормальному закону розподілу за не значної їх довжини, яке може негативно впливати на ефективність параметричної перевірки (Yue and Pilon, 2004).

У той же час, у тому ж документі ВМО [5] при перевірці на те, чи мають обидві вибірки різні середні (при нормальному законі розподілу ряду) в переліку інших критеріїв має місце стандартний параметричний критерій Стьюдента.

У [5] коротко представлені стандартні параметричні і непараметричні тести на виявлення змін (Kundzewicz and Robson, 2004), серед яких є:

- перевірка за критерієм Манна-Уїтні / тест сум номерів рангового ряду (тест, який виявляє відмінності між двома незалежними вибірками, заснований на статистичному критерії Манна-Кендалла);
- непараметрична перевірка CUSUM (тест, в якому послідовні спостереження порівнюються з медіаною ряду з максимальною сукупною сумою ознак відмінності від медіани як статистичний критерій);
- перевірка за критерієм Стьюдента (перевірка на те, чи мають обидві вибірки різні середні - приймають нормально розподілені дані і відомий період критичних точок);
- тест Петтітта (тест, який виявляє зміни в медіані ряду з точним часом шуканої зміни);
- перевірка за критерієм Крускала-Уолліса (тестування рівності середніх значень підперіодів);
- перевірка накопичених відхилень та інші CUSUM-тести (тест працює з ремасштабованими сукупними сумами відхилень від середнього);
- перевірка за критерієм відношення правдоподібності Уорслі (підходить для використання, коли точка розладнання невідома).

При тлумаченні результатів тесту в [5] відмічено, що необхідно пам'ятати про те, що статистична перевірка не ідеальна, навіть якщо виконуються всі припущення.

Отже, рекомендується використовувати більше одного тесту. Якщо кілька тестів дають значущі результати, то це доводить наявність змін,

якщо тільки вони не ідентичні, і тоді багаторазове доказ значимості не є додатковим підтвердженням змін.

## 1.2 Тренди та циклічність в гідрологічних рядах

Статистично значимі лінійні тренди в ході багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик свідчать про те, що має місце статистична неоднорідність в розглянутих гідрологічних характеристиках.

У технічній літературі по гідрометеорології в ході багаторічних коливань різних гідрометеорологічних характеристик, розрахованих по обмеженому обсязі вихідної інформації, розраховуються лінійні і навіть нелінійні тренди з оцінкою їх статистичної значущості.

У випадку коли при певному рівні значущості тренд значимо відрізняється від нуля, то з цього випливає висновок про нестационарність багаторічних коливань гідрометеорологічної характеристики або про неоднорідність даного гідрометеорологічного явища в часі.

Завдання оцінки значущості лінійних трендів розглянутої гідрологічної характеристики в часі зводиться до оцінки значущості коефіцієнта регресії (складових рівняння лінійної регресії) або коефіцієнта кореляції  $r$ .

Коефіцієнт кореляції вважається значущим, якщо виконується умова  $r > 2\sigma_r$  (де  $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$  – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта кореляції,  $r^2$  – величина достовірності апроксимації,  $n$  – число років спостережень).

Питання, що пов'язані з вивченням динаміки циклічності гідрометеорологічного процесу, мають важливе значення для раціонального використання водних ресурсів та довгострокових прогнозів водності.

Можливість передбачити майбутні зміни річкового стоку дозволила б заощадити значні матеріальні ресурси під час будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд, а також завчасно прийняти необхідні заходи до появи катастрофічних посух та повеней [6].

Під поняттям циклічності багаторічних коливань стоку розуміють зміни водності, які характеризуються чергуванням маловодних та багатоводних групувань різної тривалості та різної величини відхилення від середнього багаторічного значення стоку за період, що розглядається [7].

Дослідження динаміки багаторічних коливань стоку передбачає не лише аналіз їхньої циклічності, а й таких важливих сторін як синхронність або асинхронність, синфазність або асинфазність [7].

За однакових кліматичних умов та подібних елементів географічного ландшафту в близько розташованих річкових басейнах коливання водності річок зазвичай бувають синхронні. Однак, внаслідок різних синоптичних процесів, що обумовлюють неоднорідність випадіння атмосферних опадів по території та в часі, а також через різноманіття форм рельєфу та ґрунтів водозбору відповідність змін стоку різних річок може порушуватись.

У зв'язку з тим, що водність окремих років залежить від вказаних вище чинників, які визначають різнохарактерний режим річок та роль окремих джерел живлення, аналіз циклічних коливань водності доцільно проводити по маловодних та багатоводних фазах [8].

Для оцінки циклічних коливань гідрометеорологічних величин застосовують такі методи як: автокореляційний та спектральний аналіз; різницеві інтегральні криві; згладжування рядів спостережень шляхом ковзаючих  $n$ -річок, біноміальне осереднення.

Однак, у роботах [6], [9] показано, що найприйнятнішим методом є різницева інтегральна крива, оскільки дозволяє чітко визначати межі фаз водності. Крім того, за аналізом різницевих інтегральних кривих можна простежити динаміку розвитку циклів водності щодо лінії часу та виявити якісну та кількісну тенденцію їхніх змін [6], [9].

### 1.3 Визначення статистичних параметрів часових рядів

*Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів.* В основі цього методу лежить визначення статистичних параметрів кривих розподілу через статистичні моменти.

У гідрологічній практиці використовуються моменти трьох видів: початкові  $\alpha$ , центральні  $\mu$  та абсолютні  $\gamma$ , причому

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^N x_i^s p_i ; \quad (1.3)$$

$$\mu_s = \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^s p_i ; \quad (1.4)$$

$$\gamma_s = \sum_{i=1}^N \left| (x_i - m_x) \right|^s p_i , \quad (1.5)$$

де  $S$  – порядок моменту.

Перший початковий момент  $\alpha_1$  дорівнює математичному сподіванню  $m_x$ .

$$m_x = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (1.6)$$

Серед центральних найбільше застосування у гідрології знайшли моменти другого  $\mu_2$ , третього  $\mu_3$  та четвертого  $\mu_4$  порядків, а також їх безрозмірні характеристики. Останні мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

$$C_v = \sqrt{\mu_2} / m_x \quad \text{або} \quad C_v = \sigma_x / m_x , \quad (1.7)$$

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \mu_3 / \sigma_x^3, \quad (1.8)$$

- ексцес

$$E = \mu_4 / \sigma_x^4 \quad (1.9)$$

Перший абсолютний момент  $\gamma_1$  визначає середнє арифметичне відхилення:

$$\gamma_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(x_i - m_x)| \quad (1.10)$$

Другий центральний момент  $\mu_2$  характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного сподівання.

Третій центральний момент  $\mu_3$  характеризує ступінь асиметрії розподілу випадкових величин відносно математичного сподівання. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно  $m_x$ , то  $\mu_3$  дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (1.8) називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент  $\mu_4$  використовується для характеристики так званої «крутості», тобто гостровершинності кривої розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого ексцесу (1.9).

Нормовані статистичні моменти  $C_v$  та  $C_s$  можна виразити через модульні коефіцієнти  $\kappa_i$ :

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n}}, \quad (1.11)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{nC_v^3}, \quad (1.12)$$

де  $\kappa_i = x_i / \bar{x}$ . (1.13)

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків при порівняно коротких рядах не відповідають вимогам незміщеності.

Для усунення зміщеності вводяться поправкові коефіцієнти [10], [11] і з їх урахуванням

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (1.14)$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{C_v^3}. \quad (1.15)$$

Слід зазначити, що введення поправних множників дозволяє усунути зміщеність параметрів  $C_v$  і  $C_s$  стокових рядів лише при  $C_v \leq 0,5$ . При  $C_v > 0,5$  застосування методу моментів у гідрологічних розрахунках не рекомендується.

*Розрахунки статистичних параметрів стоку за методом найбільшої правдоподібності.* Походження назви цього методу пов'язане із застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трипараметричного гама-розподілу, запропонованого С.М. Крицьким та М.Ф. Менкелем [11].

Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром  $\theta$  має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta), \dots, f(x_n, \theta). \quad (1.16)$$

З метою спрощення розрахунків її логарифмують і розглядають рівняння:

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta} = 0. \quad (1.17)$$

Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним їх зміщенням. Але вигляд розрахункових формул статистичних параметрів залежить від обраного закону розподілу випадкової величини [13].

Строге вирішення (1.17) приводить до складних трансцендентних рівнянь, у зв'язку з цим був запропонований спрощений засіб оцінки параметрів з використанням допоміжних статистик  $\lambda$ . Перша з них –  $\hat{\lambda}_1$  дорівнює середньому арифметичному значенню випадкової величини  $\bar{x}$ .

Дві інші ( $\hat{\lambda}_2, \hat{\lambda}_3$ ) функціонально пов'язані з коефіцієнтами варіації  $C_v$  та асиметрії  $C_s$  (або відношення  $C_s/C_v$ ). Для переходу від  $\hat{\lambda}_2$  та  $\hat{\lambda}_3$  до  $C_v$  та  $C_s/C_v$  побудовані спеціальні номограми [11].

Деяка зміщеність параметрів  $\hat{\lambda}_2$  та  $\hat{\lambda}_3$  усувається за рахунок поправкового множника  $n/(n-1)$ , тоді



$$\hat{\lambda}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \kappa_i}{n-1}, \quad (1.18)$$

$$\hat{\lambda}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i \lg \kappa_i}{n-1}. \quad (1.19)$$

#### 1.4 Оцінка точності вихідної інформації

Для об'єктивної оцінки точності обчислення максимальних витрат води різної ймовірності перевищення ( $Q_{P,\%}$ ) необхідно визначити їх середню квадратичну похибку.

При визначенні розрахункових витрат води за допомогою кривої Пірсона III типу, виходячи з двох перших вибірових статистичних моментів і заданого співвідношення між коефіцієнтами варіації й асиметрії, за методикою Г.А.Алексєєва [14] середньоквадратична похибка  $\delta Q_{P\%}$  дорівнює:

$$\sigma_{Q_{P\%}} = \frac{100}{Q_{P1\%}} \sqrt{\left(1 + C_v \Phi_p\right)^2 \frac{C_v^2 \bar{Q}_m^2}{n} + \left(\Phi + C_s \frac{d\Phi_p}{dC_s}\right)^2 \times \bar{Q}_m^2 C_v^2 \left(\frac{C_v^2}{n} + \frac{1 + 0,75 C_s^2}{2n} - \frac{C_s C_v}{n}\right)} \quad (1.20)$$

де  $n$  – кількість років спостережень,

$d\Phi_p/dC_s$  – часткова похідна при забезпеченості  $P\%$ , яка приблизно може бути обчислена за формулою:

$$\frac{d\Phi_p}{dC_s} \cong \frac{\Phi(P, C_s + \Delta C_s) - \Phi(P, C_s)}{\Delta C_s} \quad (1.21)$$

$C_v$  – коефіцієнт варіації;  $C_s$  – коефіцієнт асиметрії;  $\Phi_p$  – нормовані ординати біноміальної кривої розподілу забезпеченістю P%.

За допомогою сусідніх значень  $\Phi(P, C_v)$  і  $\Phi(P, C_s + \Delta C_v)$  у таблиці нормованих квантилів кривої Пірсона III типу [15].

Крім того, С.М.Крицький та М.Ф.Менкель [11] розробили номограми для визначення відносної стандартної похибки квантилів трьохпараметричного

гама-розподілу  $E_\sigma = \frac{\sigma_{Q_p} \sqrt{n}}{Q_p}$  із закріпленими відношеннями  $C_s = 2C_v; 3C_v; 4$

Таким чином, визначивши величину  $E_\sigma$  за допомогою номограми, можна знайти середню квадратичну похибку квантилів  $Q_p$  за формулою:

$$\sigma_{Q_p} = \frac{E_\sigma}{\sqrt{n}} 100. \quad (1.22)$$

## 2 ПРОСТОРО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО МАКСИМАЛЬНОМУ СТОКУ В ОКРЕМИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

2.1 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку весняного водопілля річок Причорноморської низовини

2.1.1 Аналіз однорідності часових рядів шарів стоку та максимальних витрат води річок Причорноморської низовини

У даному дослідженні оцінка однорідності на річках території Причорноморської низовини виконувалась з використанням параметричних критеріїв – Фішера і Стюдента, і непараметричного – Уїлкоксона, враховуючи рекомендації нормативних документів, які діють як на території України [1], так і за кордоном [2],[3].

У рекомендаціях ВМО використовуються й інші критерії оцінки однорідності і стаціонарності гідрологічних рядів [4].

Оцінка однорідності часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля на річках території Причорноморської низовини виконана для 35 гідрологічних постів за період спостережень від 18 (р. Вовча – смт Покровське) до 102 років (р. Південний Буг – смт Олександрівка) та з площами водозборів від 145 км<sup>2</sup> (р. Кодима – с. Обжила) до 46200 км<sup>2</sup> (р. Південний Буг–смт Олександрівка).

Аналізуючи отримані результати, можна відзначити, що вони, перш за все, не однакові по максимальним витратах води та шарах стоку весняного водопілля.

*По максимальним витратам води весняного водопілля отримано такі результати:*

– за критерієм Фішера з 35 рядів на рівні значущості 1 % однорідними є 10 рядів, не однорідними 25 рядів, на рівні значущості 5 % однорідними є 7, 28 рядів неоднорідні;

– за критерієм Стьюдента з 35 рядів на рівні значущості 1 % однорідними є 22 рядів, не однорідними 13 рядів, на рівні значущості 5 % однорідними є 14, 21 рядів не однорідні;

– за критерієм Уїлкоксона з 35 рядів на рівні значущості 1 % однорідними є 15 рядів, не однорідними 20 рядів, на рівні значущості 5 % однорідними є 10, 25 рядів не однорідні.

Результати оцінки максимальних витрат води весняного водопілля на території Причорноморської низовини приведені в таблиці (дод. А, табл. А.1).

*По шарам стоку весняного водопілля отримано такі результати:*

– за критерієм Фішера з 35 рядів на рівні значущості 1 % однорідними є 13 рядів, не однорідними 22 рядів, на рівні значущості 5 % однорідними є 8, 27 рядів не однорідні;

– за критерієм Стьюдента з 35 рядів на рівні значущості 1 % однорідними є 23 рядів, не однорідними 12 рядів, на рівні значущості 5 % однорідними є 21, 14 рядів не однорідні;

– за критерієм Уїлкоксона з 35 рядів на рівні значущості 1 % однорідними є 23 рядів, не однорідними 12 рядів, на рівні значущості 5 % однорідними є 20, 15 рядів не однорідні.

Результати оцінки максимальних витрат води весняного водопілля на території Причорноморської низовини приведені в таблиці (дод. А, табл. А.2).

## 2.1.2 Статистична обробка часових рядів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопіллярічок Причорноморської низовини

При статистичній обробці гідрологічних рядів стокових спостережень використовуються методирозрахунку оцінок параметрів розподілу, які можна умовно розділити на три групи [5]: аналітичні, графоаналітичні і графічні.

*Графічні і графоаналітичні методи* поєднують в собі елементи аналітичного розрахунку і графічної побудови. В *аналітичних методах* оцінки параметрів розподілу представляють собою числа, отримані шляхом підстановки вибірових значень  $x_1, x_2, \dots, x_n$  випадкової величини  $X$  в теоретичну формулу параметра, що визначається. При цьому бажано, щоб оцінка задовольняла вимогам незміщеності й ефективності [5]. До аналітичних методів відносяться методи моментів та найбільшої правдоподібності.

Статистична обробка часових рядів стокових характеристик виконана за методом моментів та найбільшої правдоподібності.

По наявних рядах максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля розраховано параметри статистичного розподілу: середнє арифметичне значення  $\bar{x}$ , коефіцієнт автокореляції  $r(1)$ , коефіцієнти варіації  $C_v$  і асиметрії  $C_s, C_s/C_v$ .

За допомогою *методу моментів* були розраховані статистичні параметри для максимальних витрат води весняного водопілля, результати яких наведені у (дод. А, табл. А.3). Аналізуючи результати слід зазначити, що найбільше значення коефіцієнтів варіації спостерігалось на р. Кільтиця – с. Новотроїцьке ( $C_v=3,01$ ), а найменше значення коефіцієнтів варіації встановлено на р. Південний Буг – с. Підгір'я ( $C_v=1,07$ ). Мінімальне значення коефіцієнта асиметрії встановлено на р. Вовча – смт Покровське ( $C_s=1,40$ ), а найбільше значення коефіцієнта асиметрії – на р. Кільтиця – с. Новотроїцьке ( $C_s=6,06$ ).

За методом найбільшої правдоподібності розрахунки для максимальних витрат води весняного водопілля приведені в (дод. А, табл. А.3). За розрахунками встановлено, що найбільше значення коефіцієнтів варіації спостерігалось на р. Кільтичя – с. Новотроїцьке ( $C_v=3,36$ ), а найменше значення коефіцієнтів варіації спостерігалось на р. Південний Буг – с. Підгір'я ( $C_v=1,08$ ). Мінімальне значення коефіцієнта асиметрії на р. Громоклія – с. Михайлівка ( $C_s=1,67$ ), а найбільше значення коефіцієнта асиметрії – на р. Кільтичя –с. Новотроїцьке ( $C_s=13,42$ ).

Коефіцієнти варіації максимальних витрат води весняного водопілля, визначені за методом моментів та найбільшої правдоподібності, мають тісну збіжність, при коефіцієнті кореляції  $r=0,99$ (рис. 2.1).

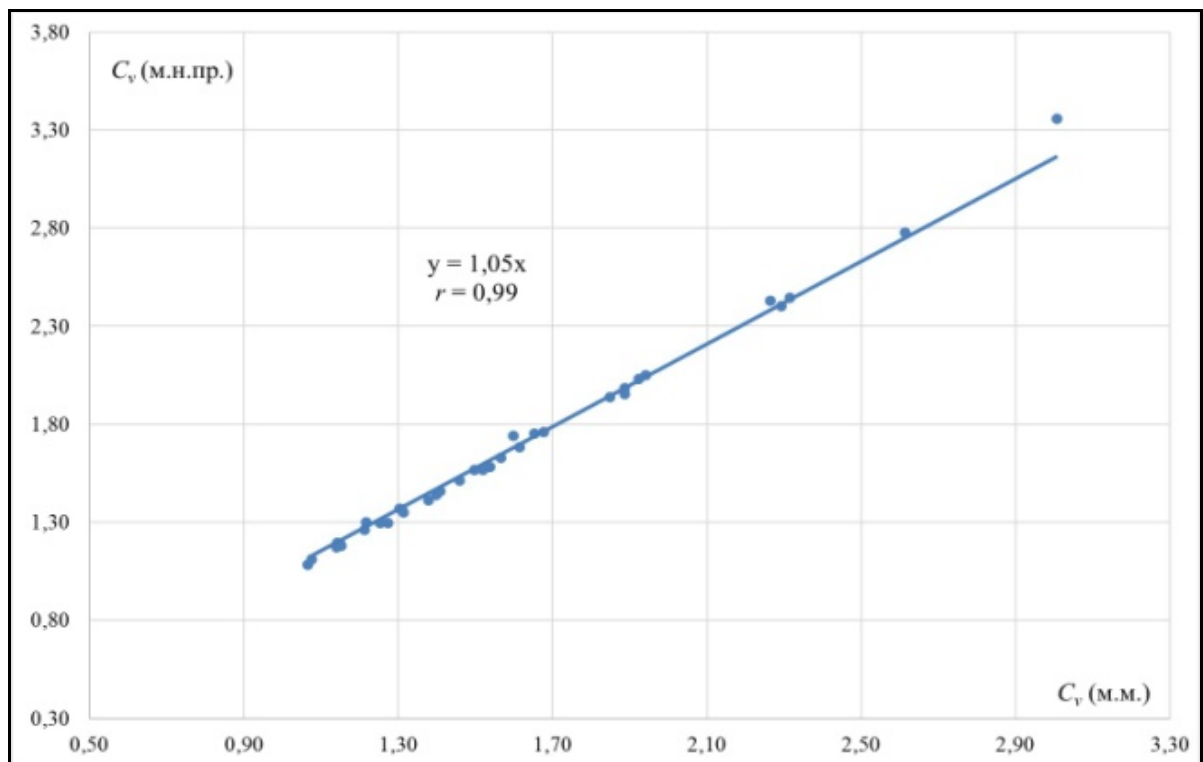


Рисунок 2.1 – Порівняння коефіцієнтів варіації максимальних витрат води весняного водопілля визначених за методом моментів і найбільшої правдоподібності за даними по 2015 р. на території Причорноморської низовини

Середнє значення співвідношення  $C_v/C_s$  для максимальних витрат води весняного водопілля розраховане за допомогою методу моментів становить 1,7, а за допомогою методу найбільшої правдоподібності – 2,3.

За допомогою *методу моментів* були розраховані статистичні параметри й для шарів стоку, результати яких наведені у (дод. А, табл. А.4). Аналізуючи отримані результати слід зазначити найбільші значення коефіцієнтів варіації спостерігалось на р. Тилігул – с. Березівка ( $C_v=1,40$ ), а найменші значення коефіцієнтів варіації спостерігались на р. Південний Буг – смт Олександрівка ( $C_v=0,68$ ). Мінімальне значення коефіцієнтів асиметрії на р. Інгулець – с. Олександро – Степанівка ( $C_s=0,87$ ), а найбільше значення – на р. Кільтичя – с. Новотроїцьке ( $C_s=4,59$ ).

За *методом найбільшої правдоподібності* розрахунки для шарів стоку весняного водопілля приведені в (дод. А, табл. А.4). За розрахунками встановлено, що найбільші значення коефіцієнтів варіації спостерігались на р. Кільтичя – с. Новотроїцьке ( $C_v=1,49$ ), а найменші значення коефіцієнтів варіації спостерігались на р. Південний Буг – смт Олександрівка ( $C_v=0,68$ ). Мінімальне значення коефіцієнтів асиметрії спостерігається на р. Інгулець – с. Олександро – Степанівка ( $C_s=0,96$ ), а найбільше значення – на р. Кільтичя – с. Новотроїцьке ( $C_s=8,71$ ).

Коефіцієнти варіації шарів стоку весняного водопілля, визначені за методом моментів та найбільшої правдоподібності, мають тісну збіжність, при коефіцієнті кореляції  $r=0,98$  (рис. 2.2).

Середнє значення співвідношення  $C_v/C_s$  для шарів стоку розраховане за допомогою методу моментів становить 2,8, а за допомогою методу найбільшої правдоподібності – 2,7.

На наступному етапі дослідження було виконано просторовий аналіз характерних значень статистичних характеристик в межах річкових басейнів, які розташовані на території Причорноморської низовини, виділених за гідрографічним районуванням території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу [6].

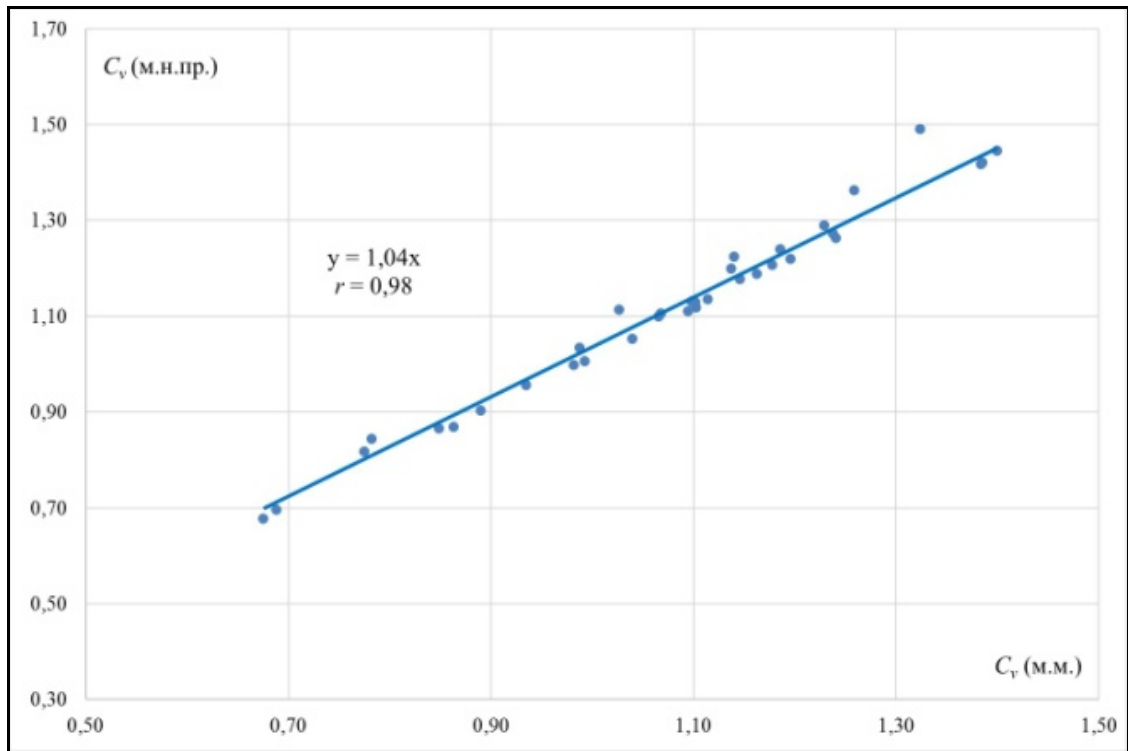


Рисунок 2.2 – Порівняння коефіцієнтів варіації шарів стоку весняного водопілля визначених за методом моментів і найбільшої правдоподібності за даними по 2015 р. на території Причорноморської низовини

Так, для максимальних витрат води весняного водопілля характерні значення часових рядів осереднених в межах басейнів виділених за гідрографічним районуванням представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характерні величини параметрів  $C_V$ ,  $C_S$  і  $C_S/C_V$  часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля в межах басейнів на території Причорноморської низовини

№	Басейн (суббасейн)	Характерні величини	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності		
			$r(1)$	$C_V$	$C_S$	$C_S/C_V$	$C_V$	$C_S$	$C_S/C_V$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Річок Причорномор'я (на прикладі р. Тилігул)	Середн.	0,02	1,34	2,16	1,65	1,40	2,88	2,15
		Мінім.		1,2	2,04	1,4	1,26	2,52	1,7
		Макс.		1,46	2,27	1,9	1,54	3,24	2,6



Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Річок Південного Бугу	Середн.	<b>0,21</b>	<b>1,39</b>	<b>2,54</b>	<b>1,48</b>	<b>1,44</b>	<b>3,33</b>	<b>2,3</b>
		Мінім.		1,07	1,43	1,3	1,08	1,67	1,4
		Макс.		2,29	4,95	3,00	2,40	7,49	4,3
3	Суббасейну Нижнього Дніпра	Середн.	<b>0,24</b>	<b>1,59</b>	<b>2,71</b>	<b>1,6</b>	<b>1,66</b>	<b>3,78</b>	<b>2,2</b>
		Мінім.		1,08	1,40	1,1	1,11	1,81	1,5
		Макс.		2,61	4,93	2,3	2,78	7,75	3,2
4	Річок Приазов'я	Середн.	<b>0,13</b>	<b>2,02</b>	<b>3,59</b>	<b>1,70</b>	<b>2,15</b>	<b>5,94</b>	<b>2,6</b>
		Мінім.		1,54	2,12	1,3	1,58	2,50	1,6
		Макс.		3,01	6,06	2,0	3,36	13,4	4,0

– для річок Причорномор'я (на прикладі р. Тилігул) для максимальних витрат води за методом найбільшої правдоподібності отримано – середні значення  $C_v$  становить 1,40, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,15, при коефіцієнті автокореляції - 0,02;

– для річок в межах басейну Південного Бугу для максимальних витрат води за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,44, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,30 при коефіцієнті автокореляції 0,21;

– для суббасейну Нижнього Дніпра для максимальних витрат води за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,66, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,20 при коефіцієнті автокореляції 0,24;

– для річок Приазов'я для максимальних витрат води за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 2,15, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,60 при коефіцієнті автокореляції 0,13.

В графічному виді територіальний розподіл середніх значень статистичних характеристик максимальних витрат води весняного водопілля в межах басейнів на території Причорноморської низовини представлений на рис. 2.3.

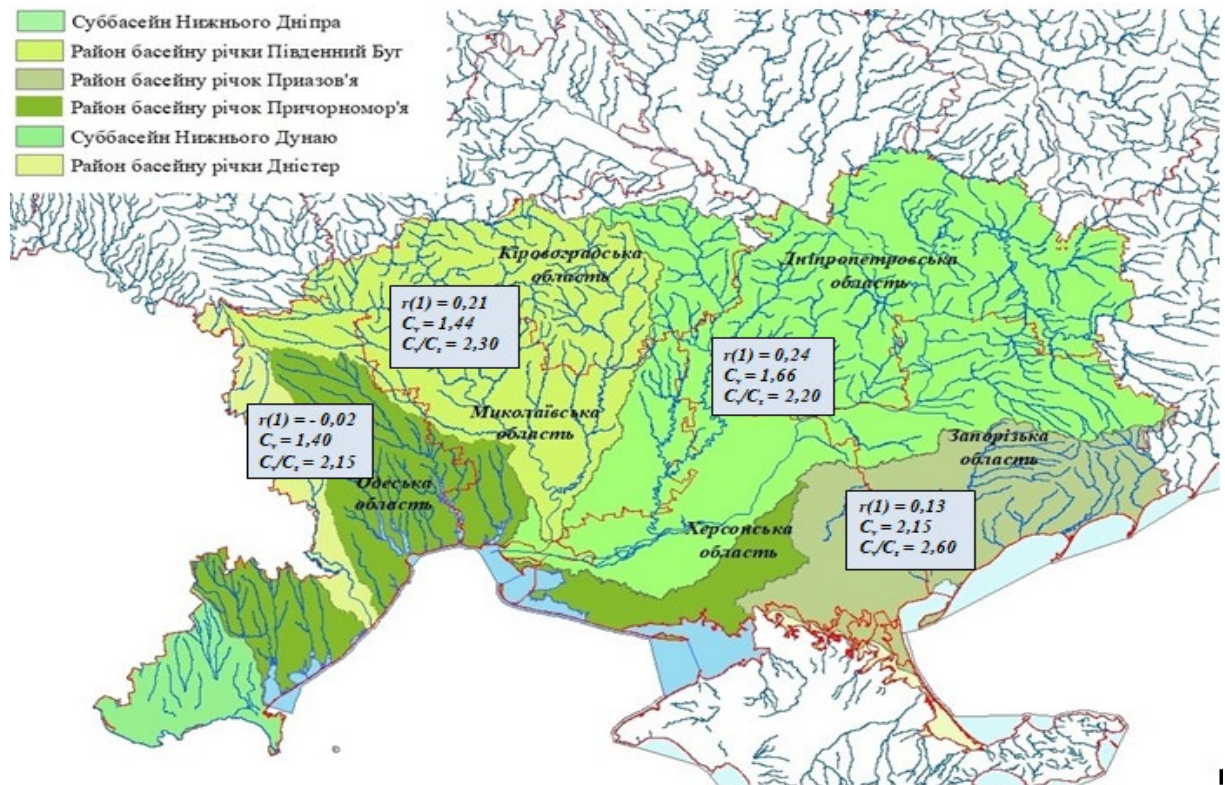


Рисунок 2.3 – Розподіл середніх значень статистичних характеристик максимальних витрат води весняного водопілля в межах басейнів на території Причорноморської низовини

Для шарів стоку весняного водопілля характерні значення часових рядів осереднених в межах басейнів виділених за гідрографічним районуванням представлені в табл. 2.2.

– для річок Причорномор'я (на прикладі р. Тилігул) для шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середні значення  $C_v$  становить 1,20, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 3,05, при коефіцієнті автокореляції - 0,03;

– для річок в межах басейну Південного Бугу для шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,02, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,55 при коефіцієнті автокореляції 0,20;

– для суббасейну *Нижнього Дніпра* для шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,11, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,16 при коефіцієнті автокореляції 0,14;

– для річок *Приазов'я* для шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,27, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 3,56 при коефіцієнті автокореляції 0,19.

Таблиця 2.2 – Характерні величини параметрів  $C_v$ ,  $C_s$  і  $C_s/C_v$  часових рядів шарів стоку весняного водопілля в межах басейнів на території Причорноморської низовини

№	Басейн (суббасейн)	Характерні величини	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності		
			$r(1)$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	Річок Причорномор'я (на прикладі р. Тилігул)	Середн.	<b>0,03</b>	<b>1,17</b>	<b>2,58</b>	<b>2,25</b>	<b>1,2</b>	<b>3,62</b>	<b>3,05</b>
		Мінім.		0,94	2,24	2,10	0,96	3,19	2,80
		Макс.		1,40	2,92	2,40	1,44	4,04	3,30
2	Річок Південного Бугу	Середн.	<b>0,20</b>	<b>0,99</b>	<b>2,07</b>	<b>2,09</b>	<b>1,02</b>	<b>2,62</b>	<b>2,55</b>
		Мінім.		0,68	1,23	1,30	0,68	1,28	1,60
		Макс.		1,23	4,08	3,70	1,29	5,72	5,00
3	Суббасейну Нижнього Дніпра	Середн.	<b>0,14</b>	<b>1,08</b>	<b>1,89</b>	<b>1,74</b>	<b>1,11</b>	<b>2,39</b>	<b>2,16</b>
		Мінім.		0,78	0,87	1,00	0,82	0,96	1,10
		Макс.		1,38	3,56	3,10	1,42	5,06	4,20
4	Річок Приазов'я	Середн.	<b>0,19</b>	<b>1,20</b>	<b>3,04</b>	<b>2,54</b>	<b>1,27</b>	<b>4,55</b>	<b>3,56</b>
		Мінім.		0,98	2,25	1,90	1,00	2,88	2,30
		Макс.		1,39	4,59	3,50	1,49	8,71	5,90

В графічному виді територіальній розподіл середніх значень статистичних характеристик шарів стоку весняного водопілля в межах басейнів на території Причорноморської низовини представлений на рис. 2.4.

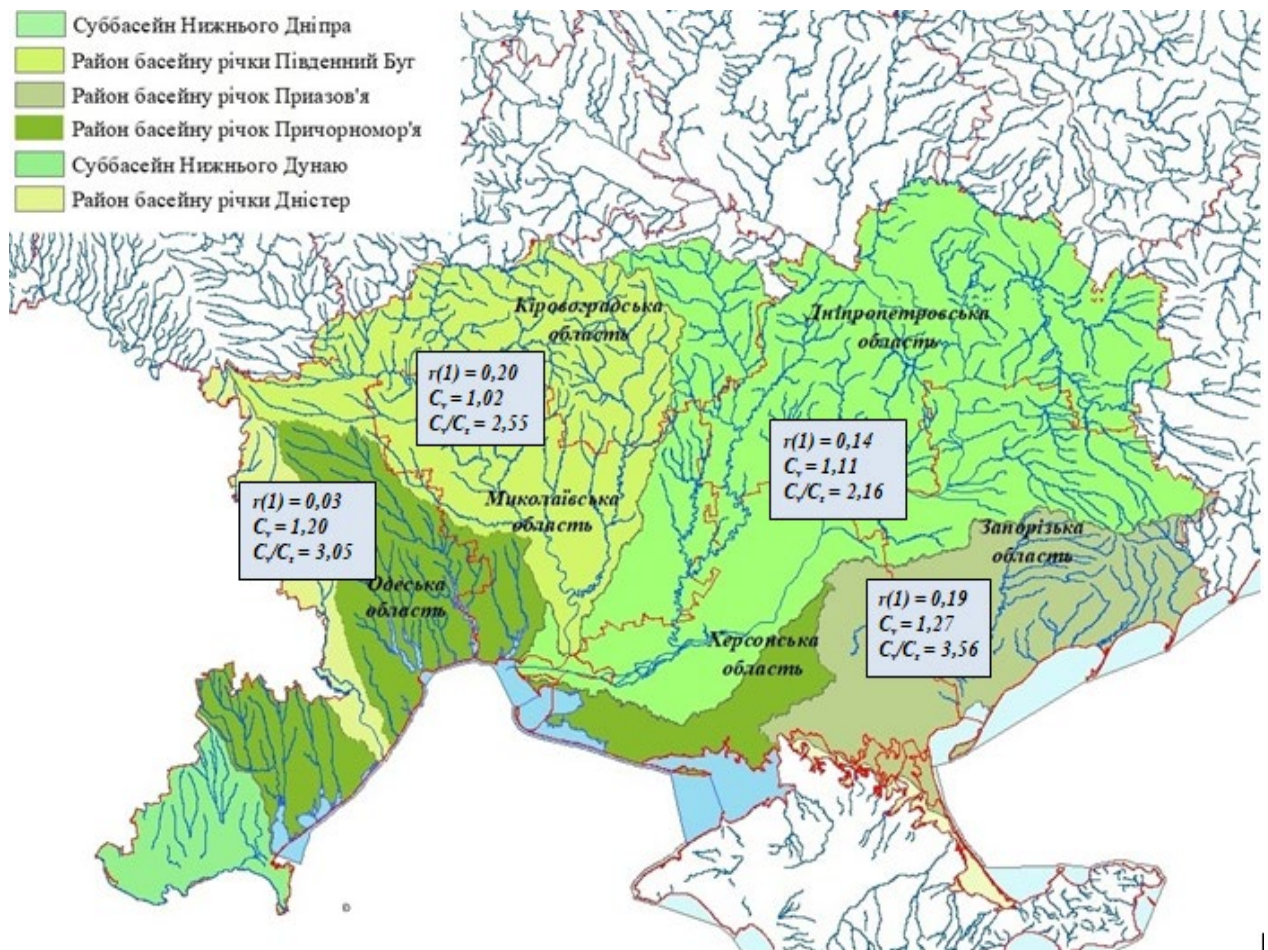


Рисунок 2.4 – Розподіл середніх значень статистичних характеристик шарів стоку весняного водопілля в межах басейнів на території Причорноморської низовини

### 2.1.3 Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів

Для дослідження гідрологічних характеристик максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля на досліджуваній території побудовані хронологічні графіки зв'язку  $Y_m=f(t)$  і  $Q_m=f(t)$ , за допомогою яких можна встановити характер і тенденції у багаторічних коливаннях шарів стоку і максимальних витрат води.

Для дослідження гідрологічних характеристик використані дані по максимальним витратам та шарам стоку весняного водопілля.

Побудовані хронологічні графіки гідрологічних характеристик весняного водопілля в басейні річок Причорномор'я показують, що як для максимальних витрат води (рис. 2.5), так і для шарів стоку весняних водопіль (рис. 2.6).

Для максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля були визначено значимість лінійних трендів, які досліджені по критерію  $r > 2\sigma r$ , де  $\sigma r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$  – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта кореляції,  $n$  – число років спостережень[7], [8].

На прикладі р. Мала Терса – с. Троїцьке, з рядом спостережень за гідрологічними характеристиками весняного водопілля  $n= 58$  рік, спостерігається тенденція до суттєвого зменшення досліджуваних величин, зі значущим ( $r=0,32$ ) для максимальних витрат води та з незначущим ( $r=0,15$ ) коефіцієнтом кореляції – для шарів стоку весняного водопілля.

За оцінкою значимості трендів по максимальним витратам води весняного водопілля отримано такі результати. З 35 рядів тренд значимий у 18 рядів, не значимий у 16 рядів. Результати оцінки значимості трендів максимальних витрат води весняного водопілля на території Причорноморської низовини приведені в таблиці (дод. А, табл. А.5). В графічному виді представлені області не значущих трендів максимальних витрат води весняного водопілля на території Причорноморської низовини на рис. 2.7.

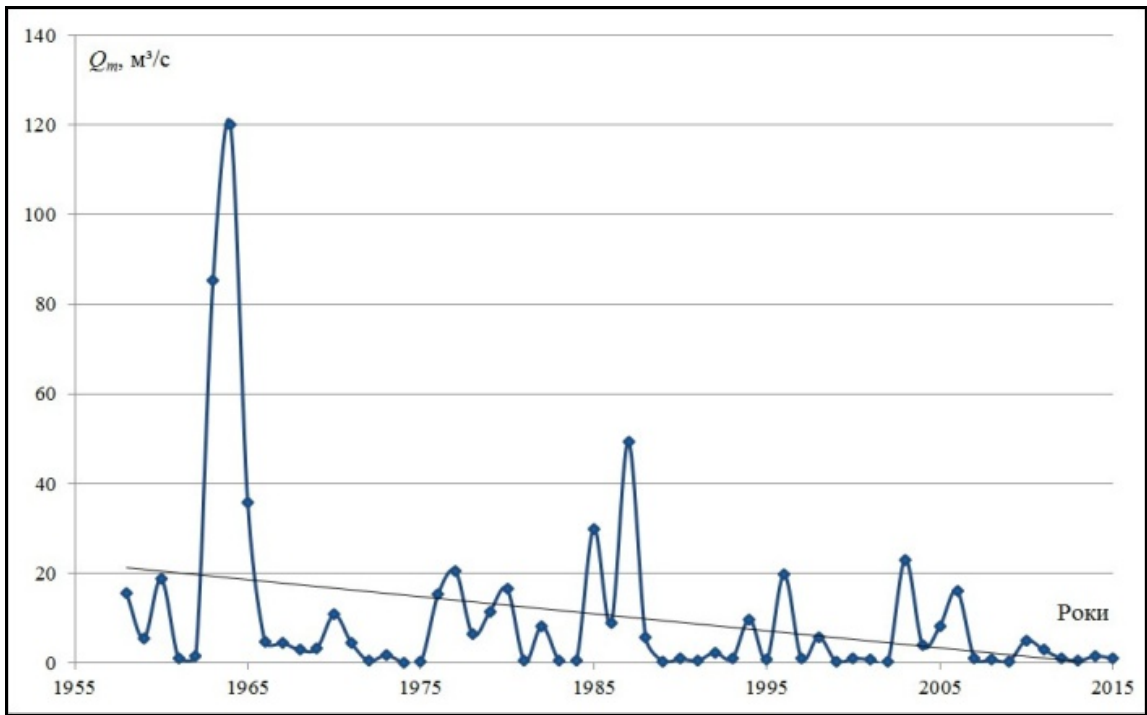


Рисунок 2.5 – Хронологічний графік ходу максимальних витрат весняного водопілля р. Мала Терса – с. Троїцьке,  $F= 450 \text{ км}^2$

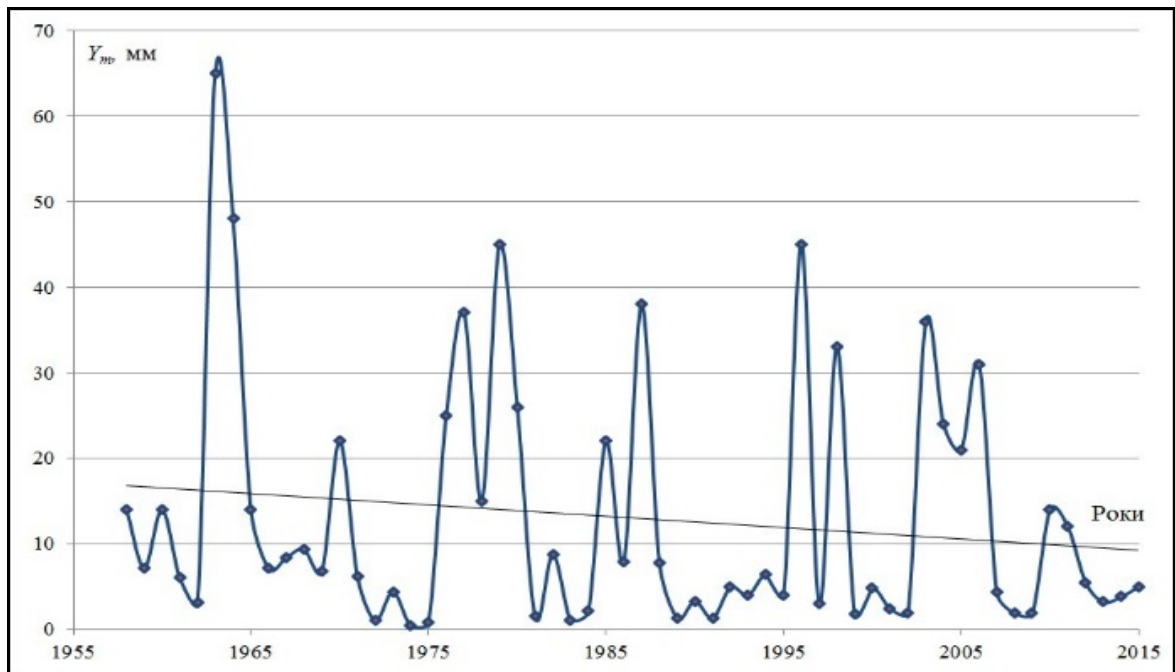


Рисунок 2.6 – Хронологічний графік ходу шарів стоку весняного водопілля р. Мала Терса–с. Троїцьке,  $F= 450 \text{ км}^2$

Аналізуючи області не значущих трендів максимальних витрат води весняного водопілля отримаємо, що з 16 рядів з не значущим трендом не однорідними є:



Рисунок 2.7 – Область не значимих трендів максимальних витрат води на території Причорноморської низовини

- за критерієм Фішера на рівні значущості 1 % не однорідними є 7 рядів, на рівні значущості 5 % – 9 рядів;
- за критерієм Стьюдента на рівні значущості 1 % не однорідними є 3 ряди, на рівні значущості 5 % – 4 ряди;
- за критерієм Уїлкоксона на рівні значущості 1 % не однорідними є 5 рядів, на рівні значущості 5 % – 8 рядів.

По шарам стоку отримано такі результати. З 35 рядів тренд значимий у 13 рядів, не значимий у 22 рядів. Результати оцінки значимості трендів шарів стоку весняного водопілля на території Причорноморської низовини приведені в таблиці (дод. А, табл. А.6).

В графічному виді представлені області не значущих трендів шарів стоку весняного водопілля на території Причорноморської низовини на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 – Область не значимих трендів шарів стоку весняного водопілля на території Причорноморської низовини

Аналізуючи області не значущих трендів шарів стоку весняного водопілля отримаємо, що з 22 рядів з не значущим трендом не однорідними є:

- за критерієм Фішера на рівні значущості 1 % не однорідними є 10 рядів, на рівні значущості 5 % – 13 рядів;
- за критерієм Стюдента на рівні значущості 1 % не однорідними є 2 ряди, на рівні значущості 5 % – 2 ряди;
- за критерієм Уїлкоксона на рівні значущості 1 % не однорідними є 2 ряди, на рівні значущості 5 % – 4 ряди.



Неоднорідність рядів може бути викликана умовами формування характеристик річкового стоку на які впливають метеорологічні чинники. Зокрема, з початку 70-х років минулого століття спостерігається підвищений стік зимової межені, як правило, за рахунок зменшення стоку весняної повені, тобто відбулася зміна внутрішньорічного розподілу стоку у зв'язку з підвищенням температур в зимовий період. Також, на неоднорідність впливають природні чинники підстильної поверхні, регулювання річкового стоку, господарська діяльність, антропогенні чинники на водозборах річок. Ці та інші приклади можливих причин неоднорідності вихідної інформації по стоку наводить у своїй роботі А.В. Рождественський [9].

Для встановлення характеру багаторічних коливань максимальних витрат води і шарів стоку водопілля, крім трендів у часових рядах були розглянуті також і різницеві інтегральні криві.

Побудовані різницеві інтегральні криві (рис. 2.9 та рис. 2.10) вказують на наявність циклічності в коливаннях стоку весняного водопілля річок досліджуваної території – підвищення стоку до 40-х років минулого століття, стабілізація його до 80-х років, а після – стрімке зменшення до 2015 р. Можна дійти висновку, що на дослідженій території спостерігається однозначна синхронність в коливаннях річкового стоку.

Можна зробити висновок, що на території Причорноморської низовини часові ряди максимальних витрати води та шарів стоку весняного водопілля є переважно неоднорідними, за циклічністю коливань є синхронними, з маловодною фазою з кінця минулого сторіччя до 2015 р. Такі висновки підтверджують і більшість результатів досліджень авторів [10]-[13], які пов'язують зменшення весняного стоку для більшості рівнинних річок України з природними циклами водності та впливом змін клімату на водність річок.

Основні напрацювання авторів даного дослідження наведені в роботах [14]-[16].

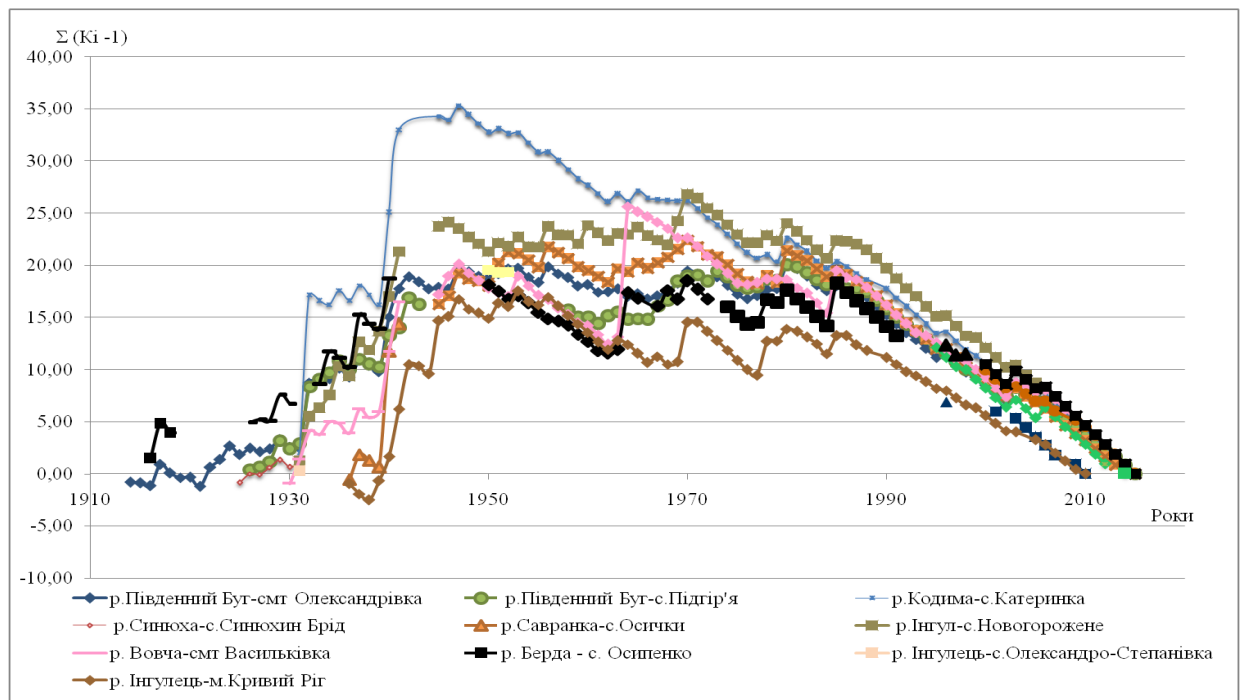


Рисунок 2.9– Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля на в басейні річок Причорномор'я

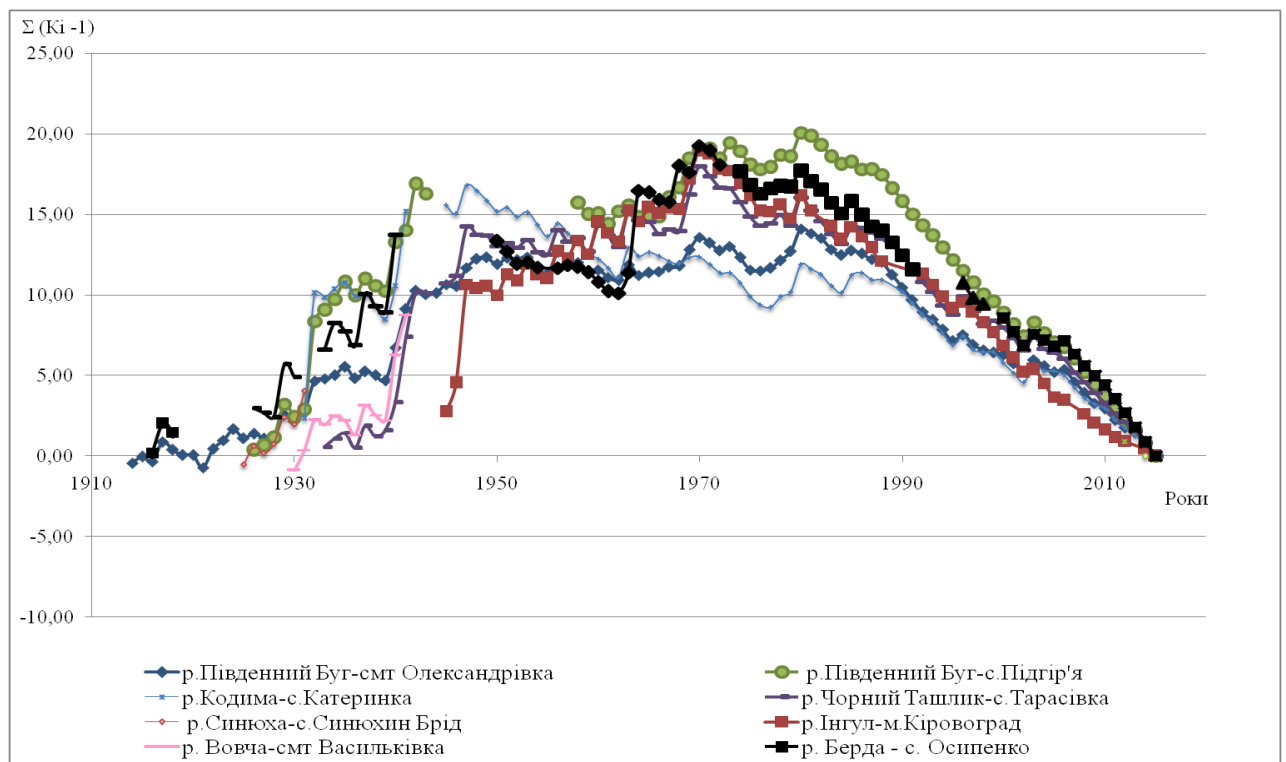


Рисунок 2.10 – Різницеві інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля на в басейні річок Причорномор'я

2.2 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку весняного водопілля річок басейну р. Десна

Для дослідження та аналізу бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації про максимальний стік весняного водопілля та дощових паводків на території басейну р.Десна використана гідрометеорологічна інформація про максимальні витрати води, шари стоку, тривалість проходження весняного водопілля або дощового паводку за багаторічний період.

З цією метою використані гідрологічні дані за багаторічний період спостережень за гідрологічними характеристиками максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків за період до 2015 року включно [17],[18]

*Гідрологічна вивченість території басейну р.Десна.* Для обґрунтування розрахункової методики створено базу вихідних даних по максимальному стоку весняного водопілля та дощових паводків досліджуваної території по 46 гідрологічних станціях і постах Державної мережі Гідрометслужби в межах рівнинної території України, а також невеликої частини території Російської Федерації, на якій розташовано верхів'я басейну р. Десна та ліва притока Десни – р. Сейм [19].

Для аналізу вихідної інформації по характеристиках максимального стоку в період весняного водопілля та дощових паводків використовувались дані як діючих, так і закритих постів. Схема розміщення гідрологічних постів по території басейну річки р.Десна наведена на рис. 2.11

Як видно з рис. 2.11, гідрологічні пости розміщені досить рівномірно по всій території басейну р.Десна. Найбільш тривалий період спостережень відмічений на р.Десна – м.Чернігів (132 років) та р.Головесня – с.Покошичи

(76 років), найбільш короткий (15 років) відмічений на р.Неруса – с. Радогощ.

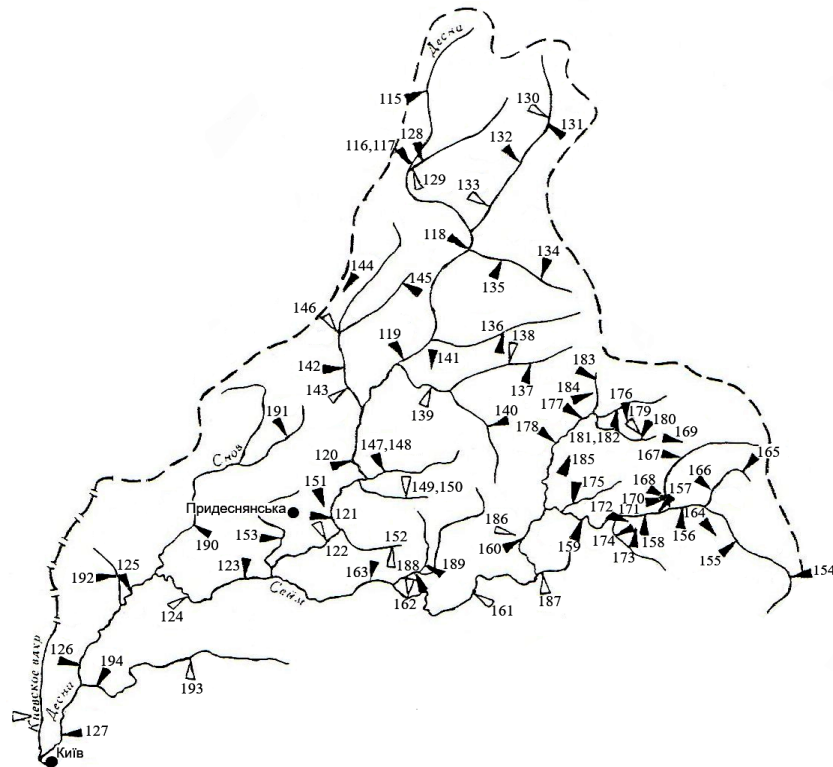


Рисунок 2.11 – Карта-схема розміщення гідрологічних постів на території басейну р. Десна

Розподіл постів за довжиною спостережень та за площею водозборів наведений у табл. 2.3. та табл. 2.4.

Таблиця 2.3 – Розподіл постів за тривалістю спостережень

Кількість років спостережень					Кількість пунктів спостережень	
<10	11-15	16-20	21-50	>50		
2	3	5	26	11	46	Всього
4,4	6,5	10,9	54,3	23,9	100	Відсотки, %

З таблиці 2.3 видно, що з 46 гідрологічних постів, на 26 тривалість спостережень перевищує 20 років, а на 11 - перевищує 50 років. Період спостережень на постах складає від 7 (р.Трускарь – х.Вирки) до 132 років (р.Десна – м.Чернігів). В середньому кількість років спостережень – 30-40 років.

На даній території переважають малі річки з площею водозбору менше 2000 км<sup>2</sup>. Діапазон площ водозборів коливається від 6,20 км<sup>2</sup> (лог.Райчик – с.Польова Лукашівка) до 88500 км<sup>2</sup> (р.Десна – с.Літки). Розподіл постів по величині площ водозборів розглянуто в табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Розподіл постів за величиною площі водозбору

Площа водозбору річки, км <sup>2</sup>								Кількість пунктів спостережень	
<100	101-500	501-1000	1001-5000	5001-10000	10001-20000	20001-50000	>50000		
6	7	7	15	4	3	2	2	46	Всього
13,0	15,0	15,2	39,0	8,7	6,5	3,4	2	100	Відсотки, %

Найбільша площа водозбору складає 88500 км<sup>2</sup> на р.Десна–с.Літки, найменша 29,5 км<sup>2</sup> - на р.Головесня – с.Покошичи.

*Метеорологічна вивченість.* Для дослідження статистичних характеристик максимальних снігозапасів та просторового узагальнення факторів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків на басейні р.Десна були використані дані спостережень по 40 метеостанціях та постах [19].

Для метеостанцій та постів період спостережень використовувався від 15 до 132 років.

Метеорологічні станції, на яких проводяться спостереження за максимальними снігозапасами та опадами, розподілені по території достатньо рівномірно (рис. 2.12).

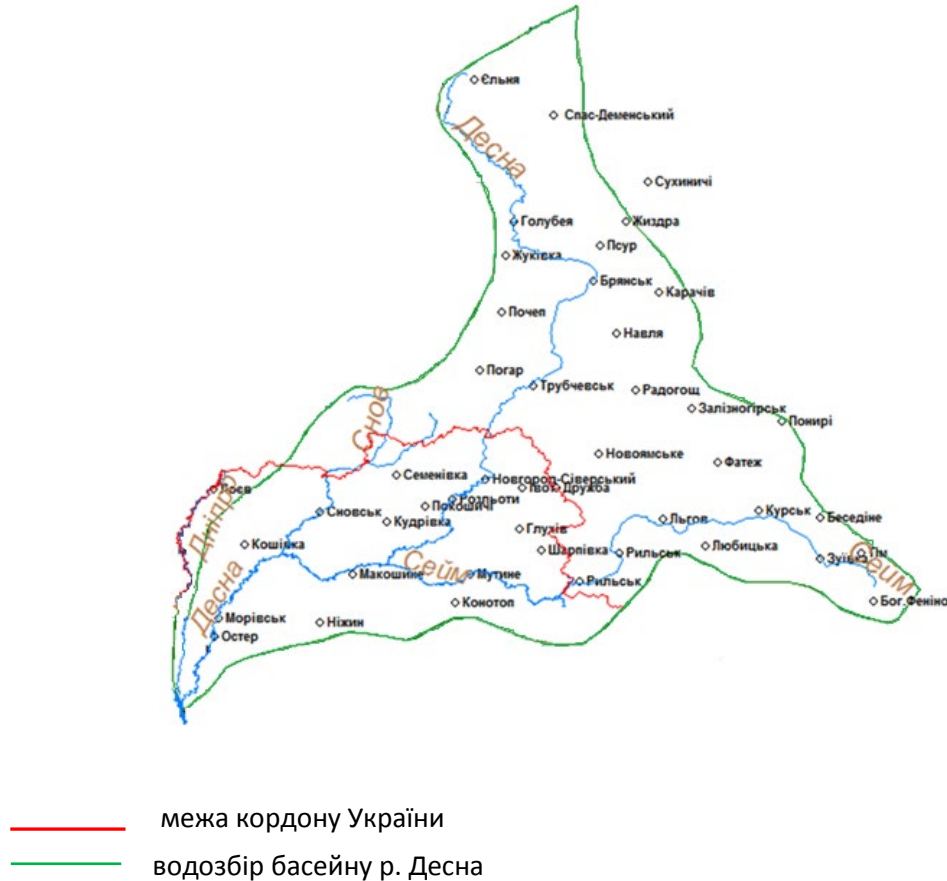


Рисунок 2.12 – Карта-схема розташування метеорологічних станцій на території басейну р. Десна

2.2.1 Оцінка однорідності та стаціонарності часових рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Десна

Для дослідження однорідності та стаціонарності часових рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Десна була використана багаторічна інформація про максимальні

витрати та шари стоку води по 23 гідрологічних постах (для часових рядів максимального стоку весняного водопілля) та по 12 гідрологічних постах Державної Гідрометслужби ДСНС України (для часових рядів дощових паводків) з періодом спостережень від їх початку до 2015 р. включно.

Враховуючи той факт, що на сучасному етапі в рядах стоку часто спостерігаються тренди різних направленостей необхідним є перевірка часових рядів на статистичну однорідність у часі. Для перевірки часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку весняного водопілля та дощових паводків в басейні р. Десни використані дані постів з періодом спостережень більше 40 років. Перевірка проводилась на рівнях значущості  $P=1\%$  та  $P=5\%$  за двома параметричними критеріями (Фішера та Стьюдента) та непараметричним – Уїлкоксона [20],[21].

Максимальний стік весняного водопілля характеризується не тільки витратами води, але й також шарами стоку. Просторовий аналіз часових характеристик максимального стоку весняного водопілля наведений для витрат води на (рис.2.13 (а)) та шарів стоку на (рис.2.13 (б)). На картах червоним кольором позначено значущий тренд, синім – незначущий тренд, знак «+» вказує на наявність тенденції зростаючого вигляду, знак «-» убутого вигляду.

За критерієм Фішера, який оцінює однорідність дисперсій, при  $P=1\%$  виявилися *неоднорідними* 9 рядів максимальних витрат води весняного водопілля (рис.2.13 (а)) річок басейну р.Десна, а при рівні значущості  $P=5\%$  – 12 постів були неоднорідними, тобто більше половини вихідної інформації. За критерієм Стьюдента при  $P=1\%$  виявлено *неоднорідність* у 14 випадках, а при  $P=5\%$  - у 16 випадках.

Результати аналізу часових рядів шарів стоку (рис.2.13(б)) показали, що за критерієм Фішера неоднорідними виявились при  $P=1\%$  - 6 постів, а при  $P=5\%$  - 7 постів спостережень, за критерієм Стьюдента неоднорідними на рівні значущості  $P=1\%$  виявились 6 постів, а при  $P=5\%$  - 11 постів.

Аналогічний аналіз був проведений для часових характеристик максимального стоку дощових паводків на території басейну р.Десна. За критерієм Фішера, при  $P=1\%$  виявилися *неоднорідними* 3 ряди максимальних витрат води дощових паводків річок суббасейну р.Десна, а при рівні значущості  $P=5\%$  – 5 постів були неоднорідними, тобто майже половина вихідної інформації. За критерієм Стьюдента при  $P=1\%$  виявлено *неоднорідність* у 2-х, а при  $P=5\%$  - у 3-х випадках.

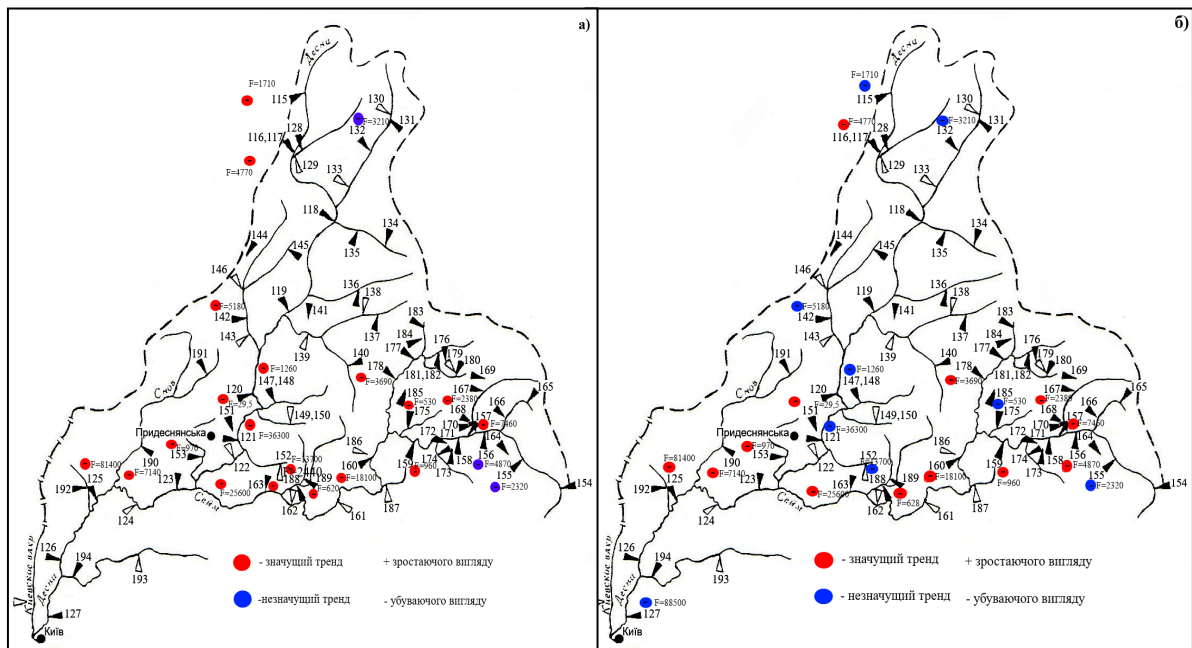


Рисунок 2.13 – Оцінка значущості трендів часових рядів максимальних витрат води (а) та шарів стоку (б) весняного водопілля в басейні р. Десна

Результати аналізу часових рядів шарів стоку показали що, за критерієм Фішера, також як і за критерієм Стьюдента, при  $P=1\%$  всі ряди є *однорідними*, при  $P=5\%$  - лише 1 ряд є *неоднорідний*. Отже, як по максимальних витратах, так й по шарах стоку паводків ряди у більшості випадків є *однорідними*. При встановленій неоднорідності часових рядів виникає необхідність проаналізувати хронологічний хід стоку в цих рядах з подальшою метою виявлення характеру можливих трендів, тобто тенденцій спрямованих або у бік збільшення або у бік зменшення стоку річки. З цією метою були побудовані хронологічні графіки ходу максимальних витрат



води та шарів стоку, як для характеристик максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків.

Побудовані хронологічні графіки ходу максимальних витрат води та шарів стоку дощових паводків. Аналізуючи отримані результати, можна зазначити, що на річках досліджуваного басейну Десни у більшості випадків спостерігається від'ємний тренд, як по максимальним витратам, так і по шарам стоку води дощових паводків [21].

Наочне просторове уявлення про характер напрямків тенденцій у часових рядах стоку можна побачити на (рис.2.14.) максимальні витрати води дощових паводків (рис.2.14(а), і шари стоку дощових паводків (рис.2.14(б)).

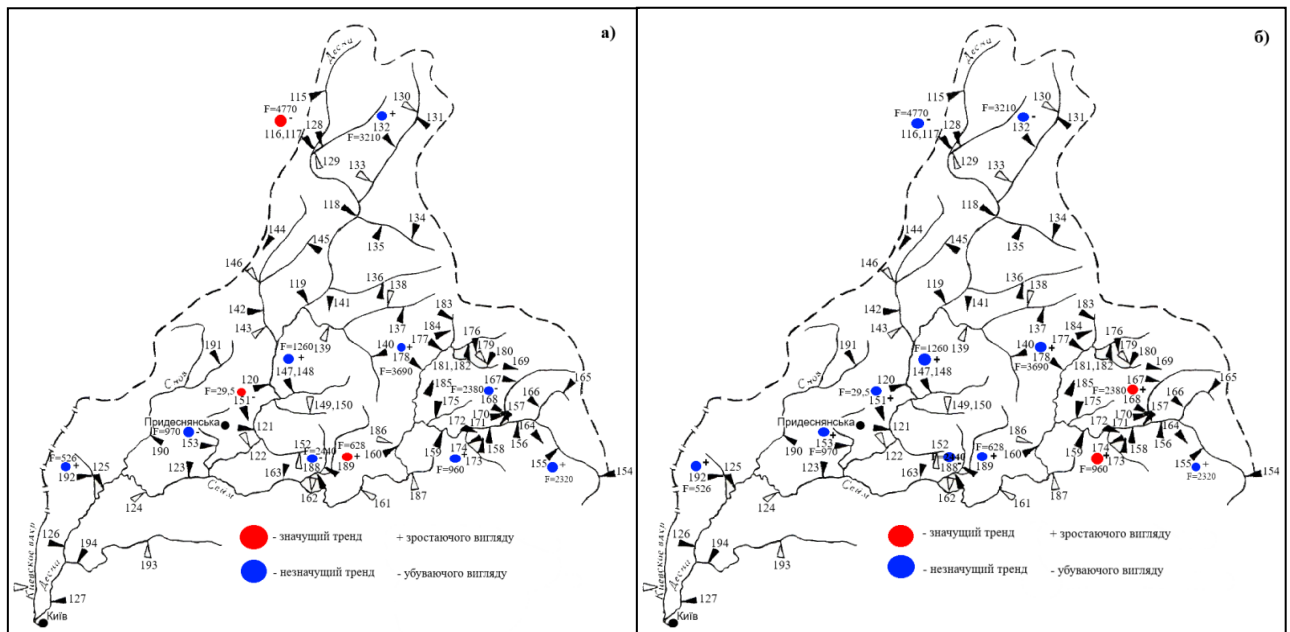


Рисунок 2.14 – Оцінка значущості трендів часових рядів максимальних витрат води (а) та шарів стоку (б) дощових паводків в басейні р. Десна

Для всіх постів басейну р.Десни на яких встановлена наявність трендів, виконана перевірка значущості коефіцієнтів кореляції, по максимальним витратам води дощових паводків тренди виявилися значущими для 3-х рядів рис.2.14 (а), за даними по шарам стоку - лише для 2 (рис.2.14 (б)).

Причиною виявлених трендів можуть бути сучасні кліматичні зміни, які призводять до внутрішньорічного перерозподілу стоку, зокрема зменшення максимальних витрат дощових паводків.

### 2.2.2 Дослідження циклічності максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Десна

З метою обґрунтування можливості застосування статистичних методів до рядів на яких виявлена статистична неоднорідність, побудовані графіки різницево-інтегральних кривих у відносних величинах – модульних коефіцієнтах хронологічних рядів максимальних витрат води і шарів стоку для характеристик максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків.

З метою оцінки однорідності та циклічності максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків в басейні р.Десни були використанні найбільш тривалі ряди спостережень за максимальними витратами і шарами стоку від 43 років (р.Десна – с.Літки) до 132 років (р.Десна – м.Чернігів) по 35 гідрологічних постах для характеристик весняного водопілля та для найбільш тривалих рядів спостережень за максимальними характеристиками стоку дощових паводків.

Найбільш показовою є різницева інтегральна крива на посту р.Десна-м.Чернігів (рис.2.15) з найбільш тривалишим періодом спостережень (132 роки), по цій кривій можна доволі чітко визначити перехід від тривалої багатоводної фази (яка тривала в основному до 1971 року) до маловодної фази, яка починається з 1972 року та продовжує тривати до теперішнього часу. На решті річок басейну Десни (рис.2.15) для постів з більш тривалішими рядами спостережень (р.Головесня – с.Покошичі, р.Сейм – с.Мутин) настання маловодного періоду відмічається з 1971 року, проте на

інших постах маловодна фаза водності спостерігається починаючи з 1989 року.

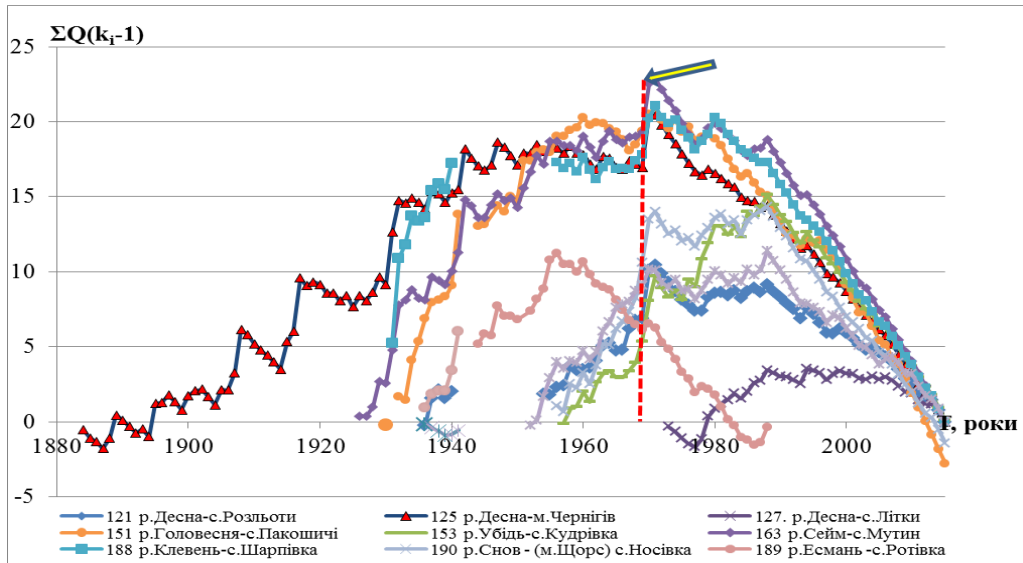


Рисунок 2.15 – Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля басейну р. Десни

Для часових рядів шарів стоку весняного водопілля, також як і у випадку з максимальними витратами води, побудовані різницеві інтегральні криві (рис.2.16).

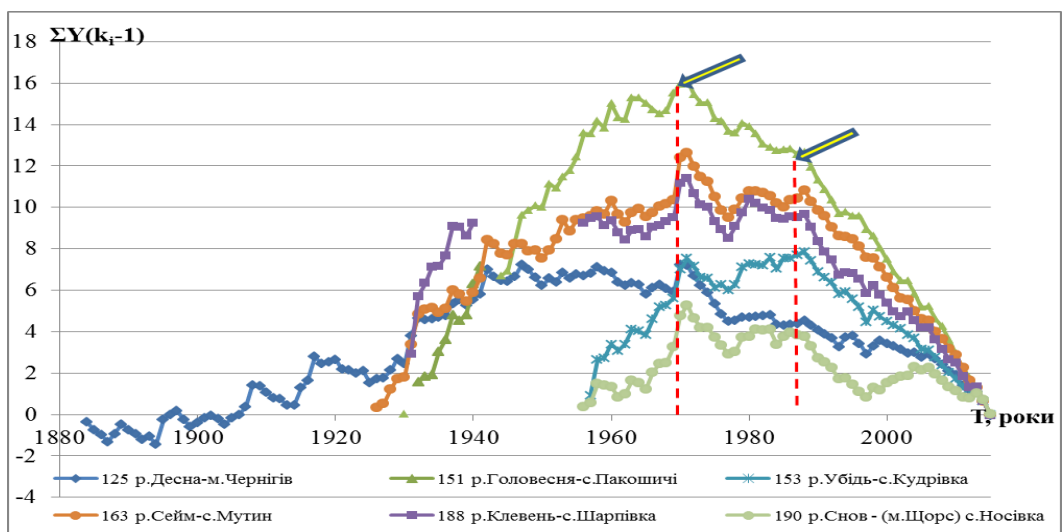


Рисунок 2.16 – Різницеві інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля басейну р. Десни

Результати аналізу коливань максимального стоку весняного водопілля за різними інтегральними кривими шарів стоку показали, що для більшості річок хід кривих та фази водності майже співпадають з такими, що визначені за різницево інтегральними кривими по максимальних витратах води весняного водопілля.

Аналізуючи різницеві інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків (рис.2.17) в басейні р. Десна можна відмітити, що майже на всіх гідрологічних постах басейну спостерігаються синхронні та синфазні циклічні коливання, коли на річках одночасно спостерігаються однакові фази водності впродовж тривалого періоду, але й у більшій чи меншій мірі, їх синхронність, коли в різних пунктах спостерігається однаковий хід водності окремих років і між змінами коливань стоку приблизно однакові співвідношення максимальних витрат води дощових паводків, окрім посту (р.Головесня-с.Покошичі,  $F=29,5 \text{ км}^2$ ), це може вказувати, що за рахунок досить малої водозбірної площі басейну – дощові паводки можуть наносити значний вплив на його часові характеристики однорідності та стаціонарності рядів.

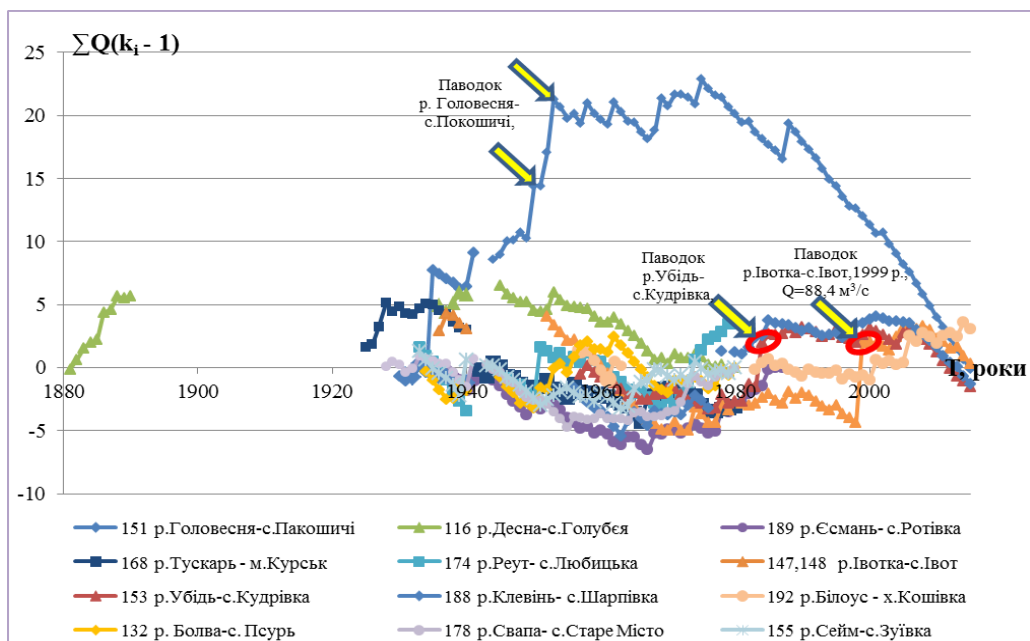


Рисунок 2.17 – Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків басейну р.Десни

Узагальнюючи результати аналізу коливань стоку дощових паводків за різницево- інтегральними кривими шарів стоку (рис.2.18), можна сказати, що для одних річок хід кривих та фази водності майже співпадають з такими, що визначені за різницево інтегральними кривими по максимальних витратах води дощових паводків, окрім річок з малою площею водозбору ( $F > 100 \text{ км}^2$ , р.Головесня-с.Пакошичі).

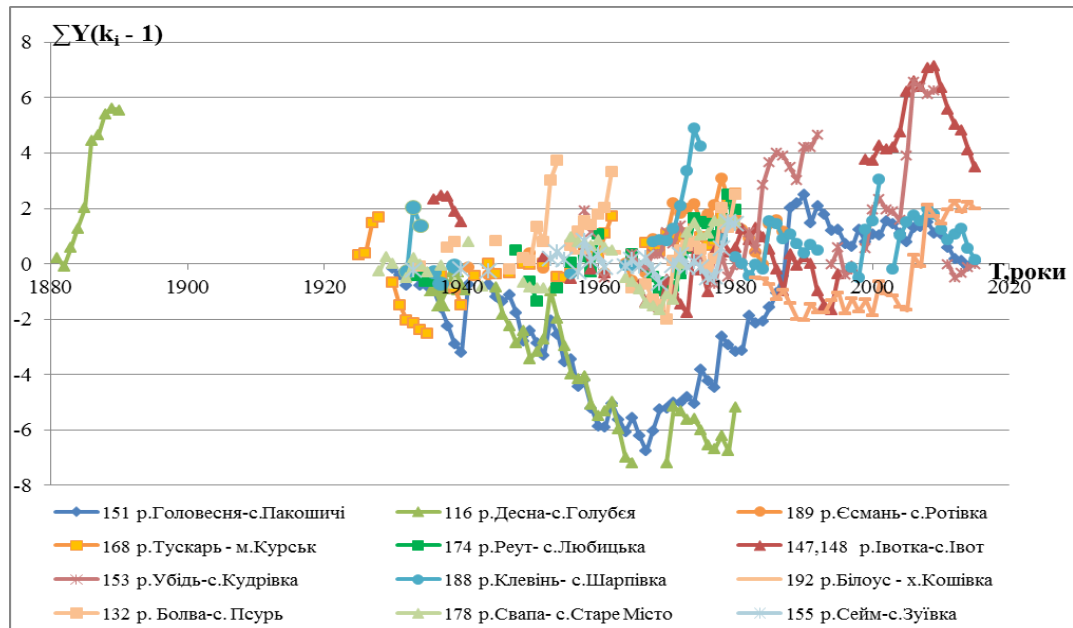


Рисунок 2.18 – Різницеві інтегральні криві шарів стоку дощових паводків басейну р.Десни

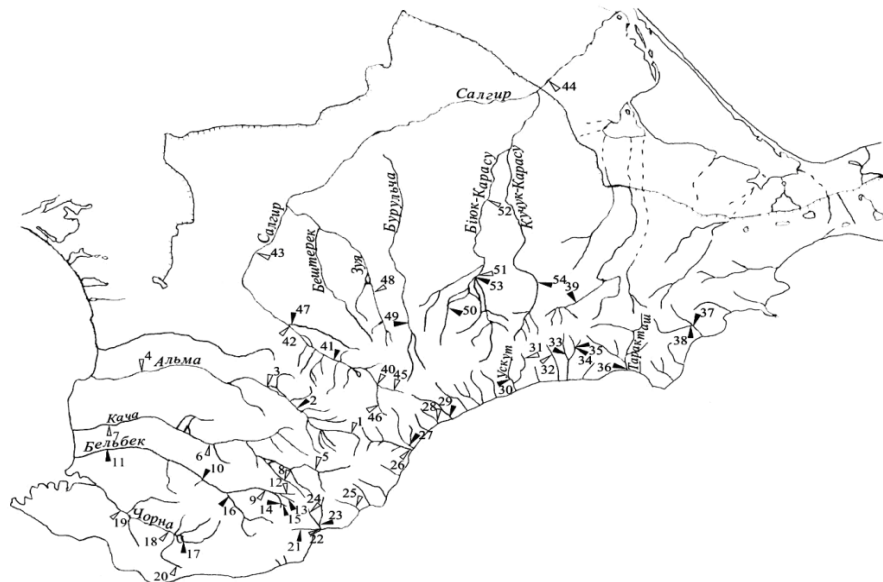
Аналіз хронологічного ходу стокових величин часових рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків в басейні р.Десни за матеріалами спостережень від їх початку до 2015 р. включно, показав, що більшість рядів мають повні цикли коливань водності [22],[23].

Отримані результати, дозволяють дійти висновку про можливість використання стандартних статистичних методів оцінки часових рядів весняного водопілля та дощових паводків, але для весняного водопілля необхідно вводити «кліматичні поправки» до розрахункових величин.

## 2.3 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку тало-дошових паводків для річок Гірського Криму

Для створення багаторічної вихідної бази даних по максимальному стоку річок Гірського Криму використано дані 54 гідрологічних постів з періодом спостережень по 2010 р. та діапазоном площ водозборів від 0,32 км<sup>2</sup> (б. Скеляста - с. Міжріччя) до 3540 км<sup>2</sup> (р.Салгир - с.Листв'яне). Карта-схема гідрологічної мережі наведена на рис.2.19.

Аналізуючи діапазон площ водозборів річок, на яких ведуться спостереження, можна відзначити, що практично всі вони відносяться до категорії малих - 53 із 54 або 98,2%. На річках, які можна віднести до категорії середніх, функціонує лише 1 пост, що становить 1,9% від їх загальної кількості. Тривалість рядів спостережень за стоком води на досліджуваній території в цілому становить від 17 до 82 років.



Умовні позначки: ▼ - гідрологічний пост

Рисунок 2.19 - Карта-схема розміщення гідрологічних постів на річках Гірського Криму [24]

### 2.3.1 Оцінка однорідності і стаціонарності гідрометеорологічної інформації по максимальному стоку тало-дощових паводків

Передумовою до статистичної обробки часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку є перевірка їх на однорідність за допомогою критеріїв Стюдента, Фішера та Уїлкоксона.

В ході дослідження було виявлено, що характеристики максимального стоку паводків холодного періоду для річок Гірського Криму у більшості випадків однорідні у часі [25].

Ряди максимальних витрат води паводків однорідні в 24 випадках з 25 за трьома критеріями, тобто 96,0% рядів є однорідними. Ряди шарів стоку однорідні в 17 випадках з 24, тобто (70,8%) (дод. Б, табл. Б.1, Б.2).

Отже в цілому по території інформацію по максимальному стоку тало-дощових паводків можна вважати однорідною.

### 2.3.2 Дослідження трендів та циклічності у рядах максимальних витрат води та шарів тало-дощового стоку річок Гірського Криму

Для тих рядів, де має місце неоднорідність, представляє інтерес дослідити наявність у них направленість трендів. З цією метою були побудовані хронологічні графіки зв'язку  $Y_m = f(t)$  і  $Q_m = f(t)$ , за допомогою яких можна встановити характер і тенденції у багаторічних коливаннях шарів стоку і витрат води [26].

Для неоднорідних у часі рядів стоку паводків визначені лінійні тренди. Отримані тренди оцінені на відповідність умови  $r > 2\sigma_r$  (табл.2.5)., де

$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$  – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта

кореляції,  $n$  – число років спостережень [27].

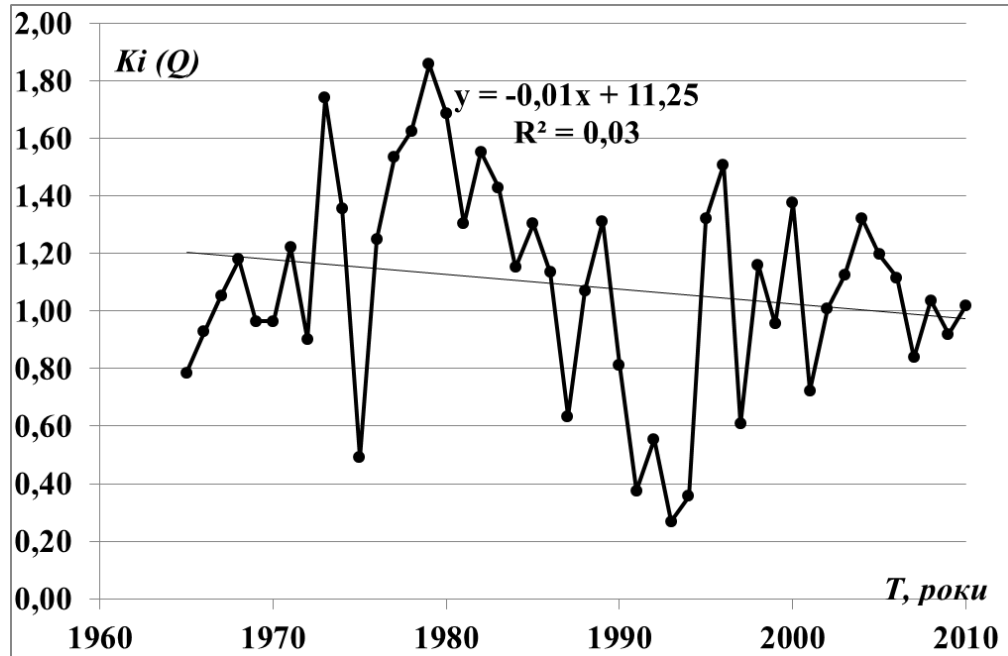


Рисунок 2.20 – Хронологічний графік ходу максимальних витрат води (у модульних коефіцієнтах) притоки р.Кучук-Узенбаш – с. Многоріччя

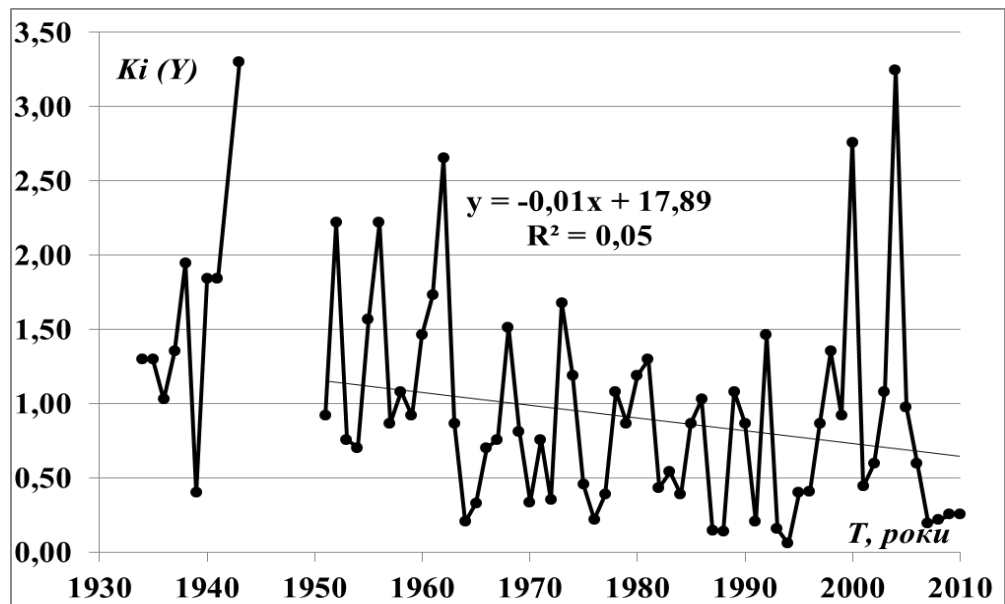


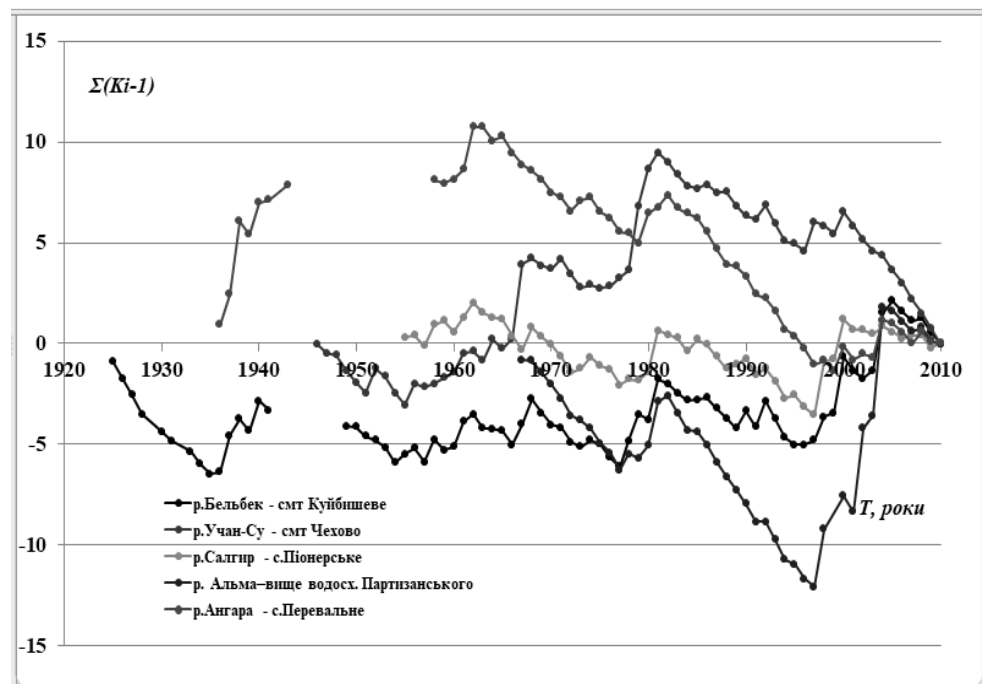
Рисунок 2.21 – Хронологічний графік ходу шарів тало-дощового стоку (у модульних коефіцієнтах) р. Бельбек– с. Фруктове



Таблиця 2.5 – Дослідження значущості трендів для притоки р.Кучук-Узенбаш – с. Многоріччя та р. Бельбек – с. Фруктове

Річка-пост	Рівняння	$R^2$	$r$	$\sigma_r$	$2\sigma_r$	Висновок
приток р.Кучук-Узенбаш – с. Многоріччя	$y = -0,01x + 11,25$	0,03	0,19	0,14	0,28	ні
р. Бельбек – с.Фруктове	$y = -0,01x + 17,89$	0,05	0,22	0,12	0,24	ні

Для характеристики циклічності коливань максимальних витрат води та шарів тало-дощового стоку побудовані різницеві інтегральні криві для річок Гірського Криму залежно від експозиції схилу (рис.2.22-2.23).

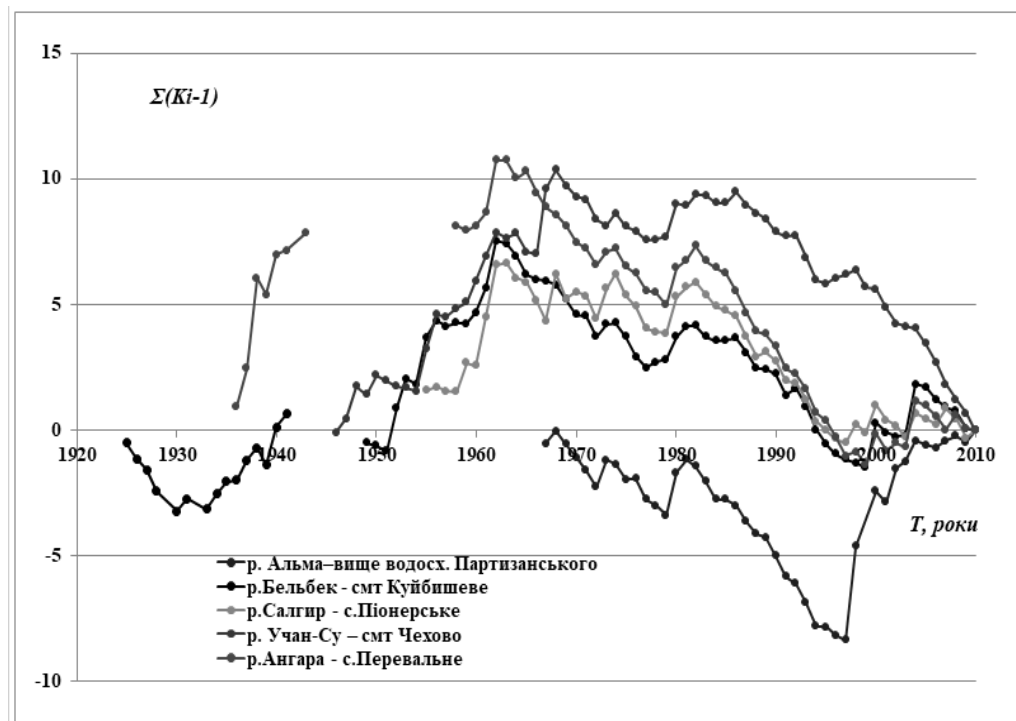


**Примітка:** Північно-західний схил – р.Альма, р. Бельбек; Північно-східний схил – р. Салгир, р. Ангара; Південний Берег Криму - р.Учан-Су

Рисунок 2.22 – Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води тало-дощового стоку для річок Гірського Криму

Як добре показано на рис. 2.22 кожна різницева інтегральна крива представляє собою один замкнутий цикл водності.

Для північно-західного та північно-східного схилів багатоводна фаза спостерігається до 1980 р., а з 1981 по 1992 – маловодна фаза, з 1993 по 2001 знов таки багатоводна фаза, а з 2002 по 2010 – з багатоводної фази водності перейшла в маловодну фазу. Дещо інший розподіл фаз водності спостерігається на річках Південного берегу Криму, а саме: 1946-1952 – маловодна фаза, з 1953 по 1980 – багатоводна фаза водності, але з 1981 по 2010 рік р. Учан-Су перейшла у маловодну фазу водності.



**Примітка:** Північно-західний схил – р. Альма, р. Бельбек; Північно-східний схил – р. Салгир, р. Ангара; Південний Берег Криму - р. Учан-Су

Рисунок 2.23 – Різницеві інтегральні криві шарів тало-дощового стоку для річок Гірського Криму

На рис. 2.23 представлені різницеві інтегральні криві шарів стоку досліджуваних річок Криму, коливання носять синхронний характер та досліджувані річки мають повні цикли водності.

Для північно-західного та північно-східного схилів багатоводна фаза спостерігається до 1960 р., а з 1961 по 1972 – маловодна фаза, з 1972 по 1980 знов таки багатоводна фаза, а з 1981 по 2000 – маловодна фаза, а з 2001 по 2005 річки перейшли в багатоводну фазу водності, але з 2006 по 2010, як і у випадку з витратами води річки перейшли в маловодну фазу водності.

На річках Південного берегу Криму з 1947 по 1970 – багатоводна фаза, з 1971 по 1980 – маловодна фаза водності, з 1981 по 1990 рік - багатоводна фаза, яка з 1991 по 2010 р. перейшла у маловодну фазу водності.

Отже, аналіз як хронологічних графіків, так і різницевих інтегральних кривих показав наявність повних циклів водності і відсутність значущих трендів для більшості річок Гірського Криму в ході максимального стоку тало-дощових паводків холодного періоду року, а також підтвердив результати щодо однорідності вихідної інформації.

2.3.3 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку тало-дощових паводків на річках Гірського Криму та просторово-часове узагальнення статистичних параметрів часових рядів

Відповідно до рекомендацій СНиП 2.01.14-83 [1], статистична обробка рядів максимальних витрат води здійснюється з використання кривих біноміального й трипараметричного гама-розподілу.

Статистичні параметри емпіричних рядів максимальних витрат води по 54 гідрологічних постах обчислені методами моментів і найбільшої правдоподібності. За розрахунковий взято період з початку спостережень за стоком на річках по 2010 р.

Результати статистичної обробки максимальних витрат води наведені в дод. Б, табл. Б.3. Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,34 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до

1,92 (р. Ворон-с.Ворон), а  $C_v$ , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,34 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 2,37 (р. Ворон-с.Ворон). Значення коефіцієнтів асиметрії максимальних витрат води  $C_s$  змінюється від -0,10 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 11,59 (р. Ворон-с.Ворон), співвідношення  $C_s/C_v$  за результатами використання методу найбільшої правдоподібності можна осереднити і прийняти на рівні 3,0.

Результати статистичної обробки часових рядів шарів стоку наведені в дод. Б, табл. Б.4. Коефіцієнти варіації шарів стоку дощових паводків досліджуваних річок у методі моментів коливаються в межах від 0,49 (р. Кизил-Коба-с.Червонопечерне) до 1,75 (р. Салгир-с.Листв'яне). Коефіцієнти асиметрії шарів стоку  $C_s$  знаходяться в межах від 0,15 (б.Скеляста-с.Міжріччя) до 4,40 (р. Салгир-с.Листв'яне).

За методом найбільшої правдоподібності  $C_v$  змінюються у діапазоні від 0,49 (р. Кизил-Коба-с.Червонопечерне) до 2,23 (р. Салгир-с.Листв'яне). А значення  $C_s$  від 0,25 (б.Скеляста-с.Міжріччя) до 9,37 (р. Салгир-с.Листв'яне).

У подальших розрахунках прийняті параметри статистичного розподілу, отримані методом найбільшої правдоподібності, а співвідношення  $C_s/C_v$  осереднене на рівні 2,5.

#### 2.3.4 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку тало-дощових паводків

Для об'єктивної оцінки точності обчислення максимальних витрат води різної ймовірності перевищення необхідно визначити їх середню квадратичну погрішність.

С.М.Крицький і М.Ф.Менкель [28] розробили номограми для визначення відносної стандартної погрішності квантилів трипараметричного

гама-розподілу  $\left( E_{\sigma} = \frac{\sigma_{Q_p} \sqrt{n}}{Q_p} \right)$  із закріпленими відношеннями

$$C_s = 2C_v, 3C_v, 4C_v.$$

Таким чином, визначивши величину  $E_{\sigma}$  за номограмою, знайдемо відносну середню квадратичну похибку квантилів  $Q_p$  за формулою:

$$\sigma_{Q_{1\%}} = \frac{E_{\sigma}}{\sqrt{n}} \cdot 100. \quad (2.1)$$

За формулою (2.1) розраховуються середні квадратичні похибки 1%-вих квантилів  $Q_{1\%}$  вихідних рядів максимальних витрат води.

Точність даних по максимальному стоку паводків холодного періоду річок Гірського Криму дорівнює  $\pm 26,98\%$ .

#### 2.4 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття

Географічно басейни річок Прикарпаття розташовані на північних схилах Українських Карпат на заході України [29]. Це праві притоки гірської частини Дністра вище р. Бистриця, ліві притоки до р. Стрвяж, а також верхів'я річок Прут до м. Чернівці та Сірет до м. Сторожинець басейну р. Дунай.

Для дослідження паводкового стоку у теплий період було створено базу багаторічних часових рядів спостереження по максимальних витратах води та шарах стоку дощових паводків по 43 діючих та 9 закритих

гідрологічних постах [30]. Карта-схема гідрологічної мережі наведена на рис. 2.24 свідчить про досить рівномірний розподіл постів по території, що дозволить отримати достовірну інформацію. Розподіл постів за площею водозборів та періодом спостережень наведено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Розподіл басейнів річок Прикарпаття за площею водозборів та періодом спостережень

	< 20	21-40	41-50	51-70	71-100	> 100	Усього
За класифікацією, наведеною у Водному кодексі України, стаття 79 (1995 р., зі змінами 2016 р.) [31]							
Малі (<2000 км <sup>2</sup> )	2	12	4	29	3	-	50
Середні 2-50 тис. км <sup>2</sup>	-	1	-	-	-	1	2
Великі >50 тис. км <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-
За класифікацією, наведеною у Водній Рамковій Директиві ЄС (2000 р.) [32]							
Малі (10-100 км <sup>2</sup> )	1	2	1	3	-	-	7
Середні (100-1000 км <sup>2</sup> )	1	8	3	23	2	-	37
Великі (1000-10000 км <sup>2</sup> )	-	3	-	3	1	1	8
Дуже великі (>10 тис. км <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	-
Усього	2	13	4	29	3	1	52

Відповідно класифікації, що наведена у Водному кодексі України [31], на досліджуваній території 96 % (50 із 52) водозборів за площею відносяться до малих річок ( $F < 2000$  км<sup>2</sup>) трохи більше половини з них мають ряди спостережень 50-70 років. До середніх річок за площею водозборів (2-50 тис. км<sup>2</sup>) відносять лише 2 басейни (р. Прут – м. Чернівці та р. Стрий – смт Верхнє Синьовидне).

Однак, за класифікацією згідно ВРД ЄС [32] 71% (37 з 52) розглянутих басейнів відносяться до середніх річок, проте їх площа водозборів змінюється від 100 км<sup>2</sup> лише до 1000 км<sup>2</sup> та більшість з них (62 %) мають період інструментальних спостережень 50-70 років. При цьому 13 % (7) – це малі річки ( $F = 10-100$  км<sup>2</sup>) та 15 % (8) – великі річки ( $F = 1000-10000$  км<sup>2</sup>).

Тривалість часові рядів спостережень за максимальними витратами води та шарами стоку дощових паводків теплого періоду на території

Прикарпаття коливається в межах 19-104 років та в середньому складає 52 роки.



Рисунок 2.24 – Карта-схема гідрологічної мережі на території Прикарпаття

#### 2.4.1 Оцінка однорідності і стаціонарності гідрометеорологічної інформації по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття

Для оцінки однорідності та стаціонарності часових рядів спостережень по максимальному стоку дощових паводків на річках Прикарпаття було обрано 24 водозбори в басейні р. Дністер, 9 – р. Прут, 1 – р. Сірет.

Усі обрані водозбори діючі на сьогодні, мають період безперервних спостережень більше 40 років (допускається пропуск 1-2 роки, не більше) та охоплює максимальну кількість екстремально високих паводків, відповідно

емпіричної кривої забезпечення. Отримані результати можна вважати достатніми для визначення розрахункових характеристик по максимальному стоку, згідно нормативного документу [33].

Відповідно до статистичних методів оцінки однорідності стокових рядів виконується аналіз, що включає в себе вибір статистичного критерію, формування нульової та альтернативної гіпотез, призначення рівня значимості (1; 5 або 10 %), визначення в залежності від обраного рівня значимості критичної області та довірчих меж, розрахунок емпіричного значення статистики критерію, прийняття або відхилення нульової гіпотези [20]. При виявленні неоднорідності формування річкового стоку статистичними методами, як правило, доповнюються гідролого-генетичним аналізом, який розкриває фізичний зміст виявленої раніше статистичної неоднорідності [11], [34],[35].

Статистичний метод передбачає використання критеріїв 2 типів: параметричні і непараметричні. В якості параметричних критеріїв обрані критерій Фішера для перевірки однорідності дисперсій двох вибірок та критерій Стьюдента для порівняння двох середніх значень з нормально розподілених сукупностей. Обидва критерії адаптовані до гідрологічних рядів розробниками ДГІ [9] та рекомендовані нормативом, що досі використовуються в Україні [5].

Непараметричний критерій Вількоксона обраний для перевірки однорідності двох вибірок за статистикою U. Результати перевірки часових рядів на однорідність зведені у табл. 2.7 свідчать, що за загальним висновком для басейнів річок Прут і Сірет як для максимальних витрат води, так і для шарів стоку дощових паводків при рівнях значимості 1 % та 5 % встановлена їх однорідність.

В басейні Дністра виявлено неоднорідність часових рядів максимальних витрат води по 2 водозборах при рівні значимості 1 % та 4-ох – при 5 %, тоді як шари стоку однорідні у 100 % випадків при 1 %-ому та у 96 % - при 5 %-ому рівнях значимості.



Таблиця 2.7 – Результати перевірки часових рядів спостереження максимальних витрат води та шарів стоку дощових паводків на території Прикарпаття

Критерій / висновок	Витрати води $Q_m$ , м <sup>3</sup> /с				Шари стоку $Y_m$ , мм			
	Рівень значимості				Рівень значимості			
	1 %		5 %		1 %		5 %	
	однорід	неоднорід	однорід	неоднорід	однорід	неоднорід	однорід	неоднорід
Басейн Дністра								
Критерій Фішера	18	5	14	9	20	3	19	4
Критерій Стьюдента	21	2	19	4	23	0	22	1
Критерій Вількоксона	21	2	19	4	23	0	22	1
Загальний висновок	21	2	19	4	23	0	22	1
Басейн річок Прут і Сірет								
Критерій Фішера	8 i 1	1 i 0	7 i 1	2 i 0	7 i 1	2 i 0	7 i 0	2 i 1
Критерій Стьюдента	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0
Критерій Вількоксона	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0
Загальний висновок	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0	9 i 1	0 i 0

Неоднорідність часових рядів можна пояснити майже всіма причинами, що викладені у роботах А.В.Рожественского [5]. На досліджуваних басейнах можливий прояв неоднорідності у часових рядах стокової інформації найімовірніше через перерозподіл стоку за рахунок метеорологічних чинників та суттєвий вплив антропогенної діяльності, тобто значна зарегульованість стоку.

## 2.4.2 Дослідження трендів та циклічності у рядах максимальних витрат води та шарів стоку річок Прикарпаття

Наступним етапом дослідження часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку дощових паводків необхідно визначити тренди та цикли водності на річках Прикарпаття.

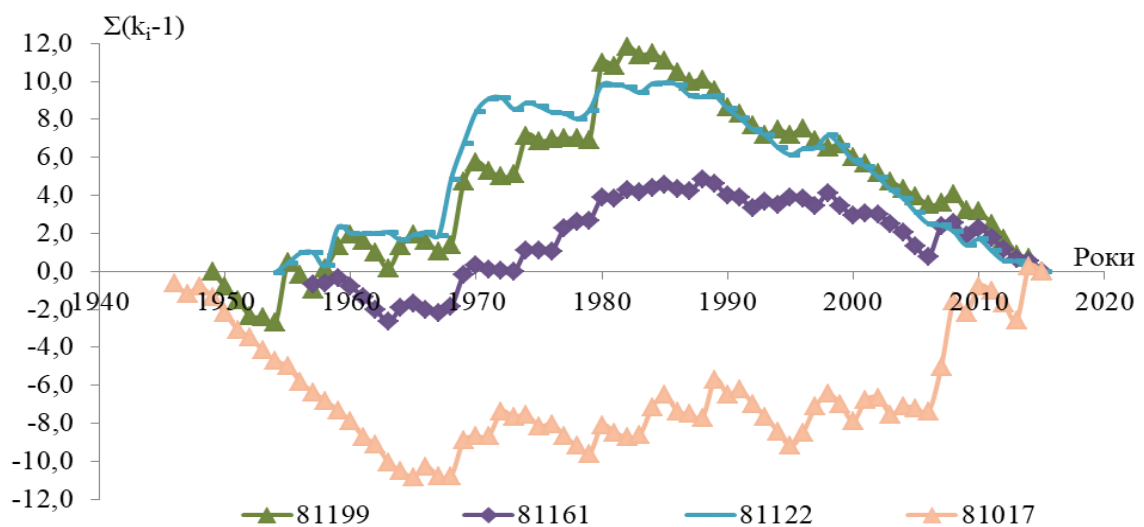
По побудованих хронологічних графіках максимальних витрат води та шарів стоку на річках Прикарпаття було оцінено значимість коефіцієнтів кореляції за нерівністю  $r > 2\sigma_r$ . Встановлено, що у 82 % тренд часових рядів по максимальному стоку не виявлено, тобто він не значимий, та у 94 % - не виявлено тенденцій ні до зменшення ні до збільшення стоку по часових рядах максимальних шарів стоку на річках Прикарпаття. У табл. 2.8 зведені результати перевірки на наявність трендів у неоднорідних стокових рядах дощових паводків на Прикарпатті. Виявлено, що: а) по посту р. Бистриця Солотвинська - с. Гута за хронологічним графіком  $Q_m$  відмічається тенденція до зменшення стоку, але по шарах стоку  $Y_m$  тренд не значимий; б) по посту р. Лімниця - с. Осмолода як для  $Q_m$ , так і для  $Y_m$  тренди не значимі; в) по посту р. Славська – смт Славське за максимальними витратами води прослідковується тенденція до зменшення стоку, але за шарами стоку тренд не виявлено; г) по посту р. Дністер - м. Самбір також розбіжність у трендах, за шарами стоку аналогічно тренд не значимий, а за максимальними витратами відмічається тенденція до збільшення стоку дощових паводків.

Тому, для остаточного рішення щодо можливості застосування статистичних методів обробки часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку дощових паводків теплого періоду на річках Прикарпаття побудовані різницево-інтегральні криві (рис. 2.25) для виявлення повних циклів у коливання дощового стоку та фаз водності [36],[37]. Як видно з рис. 2.25 розглянуті водозбори мають повні цикли водності, що є підставою для

застосування статистичних методів при аналізі вихідної інформації по максимального стоку дощових паводків на річках Прикарпаття.

Таблиця 2.8 – Оцінка значущості лінійних трендів по неоднорідних часових рядах максимальних витрат води та шарів стоку дощових паводків на річках Прикарпаття

Річка - пост	Рівняння за графіком	$r$	$2\sigma_r$	Висновок про значимість та напрям тренду
Витрати води				
Дністер-м.Самбір	$y = 3,6544x - 7004,9$	0,34	0,21	збільшення стоку
Славська-сmt Славське	$y = -0,3973x + 812,7$	0,41	0,21	зменшення стоку
Лімниця-с.Осмолода	$y = -0,3964x + 853,49$	0,18	0,25	не значимий
Бистриця Солотвинська-с.Гута	$y = -0,9646x + 1990,9$	0,24	0,23	зменшення стоку
Шари стоку				
Бистриця Солотвинська-с.Гута	$y = -0,5584x + 1201,1$	0,17	0,24	не значимий



Примітка. 81199 – р. Бистриця Солотвинська-с.Гута; 81161 – р. Лімниця-с.Осмолода; 81122 – р. Славська-сmt Славське; 81017 – р. Дністер-м.Самбір

Рисунок 2.25 – Різницево-інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків теплового періоду в гірській частині басейну р. Дністер

### 2.4.3 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття. Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів

Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку дощових паводків річок Прикарпаття виконана використовуючи два методи: моментів та найбільшої правдоподібності, які рекомендовані нормативним документом СНиП 2.01.14-83 [1]. В результаті визначені середнє значення ряду, коефіцієнти варіації і асиметрії та співвідношення  $C_s/C_v$ .

Для статистичного аналізу були залучені часові ряди вихідної інформації як діючих, так і закритих гідрологічних постів для збільшення густоти мережі спостережень, по якій є гідрологічні ряди, згідно рекомендацій нормативного документу [1].

В результаті статистичної обробки по 52 гідрологічних постах на території Прикарпаття встановлено, що середня максимальна витрата води коливається від 19,8 м<sup>3</sup>/с (р. Дуба - с. Дуба,  $F = 35,1$  км<sup>2</sup>) до 576 м<sup>3</sup>/с (р. Бистриця - с. Ямниця,  $F = 2450$  км<sup>2</sup>) в басейні р. Дністер; від 12,5 м<sup>3</sup>/с (р. Чорнява – с. Любківці,  $F = 333$  км<sup>2</sup>) до 1285 м<sup>3</sup>/с (р. Прут-м.Чернівці,  $F = 6890$  км<sup>2</sup>) в басейні р. Прут; від 32,9 м<sup>3</sup>/с (р. Міхидра - с. Липовани,  $F = 144$  км<sup>2</sup>) до 177 м<sup>3</sup>/с (р. Сірет - м. Сторожинець,  $F = 672$  км<sup>2</sup>) в басейні р. Сірет. Відповідно середній модуль максимального стоку дощових паводків в межах басейну Дністра змінюється в межах 0,08-0,71 м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>), Прута – 0,04-0,81 м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>) та Сірету – 0,20-0,48 м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>).

Коефіцієнти варіації за методом моментів коливаються в межах 0,56-1,15 в басейні гірської частини Дністра; 0,53-1,75 – басейн р. Прут та 0,69-1,32 – басейн верхів'я р. Сірет. Оскільки по території Прикарпаття усі коефіцієнти варіації більше 0,50, то за рекомендаціями [1] необхідно використовувати оцінки статистичних параметрів за методом найбільшої

правдоподібності, які у подальшому й будуть використані при подальших дослідженнях, а саме в басейні гірської частини Дністра  $C_v = 0,57-1,18$ , в басейнах Прута –  $0,53-1,87$  та Сірету –  $0,70-1,43$ .

Коефіцієнти асиметрії мають більший діапазон коливань, при цьому середнє співвідношення  $C_s/C_v = 2,5$  в басейні Сірету;  $2,8$  – Дністра та  $3,4$  – Прута. Для території Прикарпаття прийнято середнє співвідношення  $C_s/C_v$  прийнято на рівні  $3,0$  для максимальних витрат води дощових паводків теплого періоду.

Використовуючи трипараметричну криву гама-розподілу за статистичними параметрами  $C_v$  та прийнятого середнього співвідношення  $C_s/C_v=3,0$ , визначені максимальні модулі дощових паводків на річках Прикарпаття забезпеченістю  $P = 1\%$ . Модуль стоку змінюється в межах досліджуваної території від  $0,34-3,44 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  в басейні гірської частини Дністра до  $0,34-4,09 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  в басейні Прута та  $1,03-1,67 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  в басейні Сірету.

В свою чергу статистичні параметри часових рядів максимальних шарів стоку дощових паводків теплого періоду мають наступні значення:

а) середній максимальний шар стоку:

- в межах гірської частини басейну Дністра коливається від  $10 \text{ мм}$  (р. Бистриця - с. Озимина, р. Суکیل - с. Тисів) до  $94 \text{ мм}$  (р. Бистриця Солотвинська - с. Гута);

- в межах верхів'я Прута – від  $16 \text{ мм}$  (р. Чорнява – с. Любківці) до  $95 \text{ мм}$  (р. Прут – смт Ворохта);

- в межах верхів'я Сірету – від  $30 \text{ мм}$  (р. Малий Сірет-с.Верхні Петрівці) до  $56 \text{ мм}$  (р. Сірет-с.Лопушна);

б) коефіцієнт варіації:

- за методом моментів: басейн гірської частини р. Дністер  $C_v = 0,35-1,31$ , верхів'я річок Прута  $0,60-1,12$  та Сірету  $0,53-0,99$ ;

- за методом найбільшої правдоподібності: басейн гірської частини р. Дністер  $C_v = 0,35-1,49$ , верхів'я річок Прута  $0,60-1,16$  та Сірету  $0,53-1,05$ ;

в) середнє співвідношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації для басейнів гірської частини Дністра складає  $3,4$ , Прута –  $3,2$  та Сірету  $2,7$ . Для подальших досліджень середнє співвідношення  $C_s/C_v$  прийнято на рівні  $3,5$  для території Прикарпаття;

г) максимальний шар стоку дощових паводків теплого періоду  $1\%$  забезпеченості на території Прикарпаття змінюється від  $20$  мм до  $491$  мм в гірській частині р. Дністер, від  $89$  мм до  $358$  мм в верхів'ях р. Прут та  $154-186$  мм в верхів'ях р. Сірет.

#### 2.4.4 Оцінка точності вихідних даних по максимальному стоку паводків річок Прикарпаття

Для визначення відносної стандартної похибки квантилів трипараметричного гама-розподілу використовуючи номограми, розроблені С.М. Крицьким та М.Ф. Менкелем [28].

Середньоквадратичні похибки  $1\%$ -их квантилів максимальних витрат води дощових паводків  $Q_{1\%}$  у межах Прикарпаття дорівнює  $16,5\%$ , а шарів стоку  $Y_{1\%}$  -  $18,3\%$ , що задовольняє вимоги нормативного документу [1] до часових рядів спостереження при визначенні максимального стоку дощових паводків ( $\sigma_{Q(Y)} = \pm 20\%$ ).

Таким чином, отримані статистичні параметри часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку дощових паводків теплого періоду на території Прикарпаття будуть використані для розробки методики нормування величини дощового стоку на річках Прикарпаття для невивчених у гідрологічному відношенні річок.

2.5 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та статистична обробка часових рядів по максимальному стоку річок басейну р. Вісла

Річка Вісла є однією з найбільших річок басейну Балтійського моря, яка протікає територією Польщі, України та Білорусі, тобто є транскордонною.

Довжина р. Вісла – 1047 км, площа басейну – 194424 км<sup>2</sup>, з яких 12700 км<sup>2</sup> знаходиться на території України.

На території України басейн р. Вісла представлений двома суббасейнами – р. Західних Буг та р. Сян.

Як відомо, одним з перших етапів дослідження максимального стоку є створення бази даних багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації.

Дослідження характеристик максимального стоку, а саме максимальних витрат води та шарів стоку весняних водопіль і дощових паводків проведене за даними, отриманими з періодичних видань гідрологічної інформації по 17 гідрологічним постам за період від початку спостережень по 2015 рік.

2.5.1 Оцінка однорідності та стаціонарності часових рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла

Статистично однорідними рядами називають ряди випадкових величин, які належать до однієї генеральної сукупності. Відповідно, стаціонарними називають випадкові процеси, які протікають аналогічно у часі.

Для перевірки гіпотези про статистичну однорідність двох рядів даних, які підлягають нормальному закону розподілу, використовуються

параметричні критерії Стьюдента та Фішера-Снедекора. Для характеристики особливостей такого розподілу необхідно мати два статистичні параметри: середнє арифметичне значення та дисперсію. В такому випадку перевірка гіпотези про однорідність зводиться до перевірки двох гіпотез: статистичної гіпотези про незначущість різниці в дисперсіях двох рядів і статистичної гіпотези про незначущість середніх арифметичних значень двох рядів. У тому випадку, якщо одна з цих гіпотез не приймається – відкидається гіпотеза про однорідність досліджуваних рядів.

Ряди даних річкового стоку не часто підлягають нормальному закону розподілу, тому, для перевірки гіпотези про статистичну однорідність рядів стоку застосовуються непараметричні критерії, які засновані на порівнянні емпіричних кривих розподілу.

Відомо, що у багатьох випадках дані спостережень на гідрологічних постах впродовж всього періоду спостережень, який рідко складає більше 100 років, можлива зміна умов формування стоку внаслідок водогосподарських перетворень, кліматичних змін та інших факторів. В такому випадку доцільно виконувати аналіз статистичної однорідності одного стокового ряду, при якому ряд розбивається на дві вибірки однакової довжини [20].

Результати оцінки однорідності часових рядів витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла за критеріями Фішера, Стьюдента і Уїлкоксона на рівні значущості  $\alpha=5\%$  наведені в наступних таблицях тексту.

За критеріями Фішера, Стьюдента і Уїлкоксона визначена однорідність багаторічних рядів максимальних витрат води весняного водопілля (табл.2.9), з якої видно, що з тринадцяти рядів п'ять є неоднорідними - це р.Західний Буг - м. Сокаль, р.Полтва - м. Буськ, р.Рата - с.Волиця, р.Рата - с. Межиріччя, р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів). Аналіз можливих причин неоднорідності виявив, що ряд р.Західний Буг - м. Сокаль містить дані лише за 30 років спостережень; на гідрологічних постах р.Рата - с.Волиця, р.Рата - с. Межиріччя у 70х-80х рр. ХХ сторіччя проводилося обваловування берегів та



випрямлення деяких ділянок русла, що могло спричинити неоднорідність; на прилеглий території р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів) також відбувалися антропогенні зміни, зокрема, до 1990х років тривало осушення боліт, що вплинуло на формування стоку.

Таблиця 2.9 – Оцінка однорідності часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла (рівень значущості  $\alpha=5\%$ )

№ з/п	Річка - пост	Критерій			Висновок
		Фішера	Стьюдента	Уїлкоксона	
1	р.Вишня – с. Твіржа	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
2	р. Західний Буг - смт.Сасів	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
3	р. Західний Буг - м. Кам'янка-Бузька	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
4	р.Західний Буг - м. Сокаль	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
5	р.Західний Буг - с.Литовеж	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
6	р.Полтва – м. Буськ	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
7	р.Рата – с.Волиця	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
8	р.Рата – с. Межиріччя	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
9	р.Свиня – м. Жовква	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
10	р. Желдець – с. Лугове	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
11	р. Солокія – м. Червоноград	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
12	р. Луга – м.Володимир-Волинський	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
13	р.Полтва-с.Пельтев	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні

Також як і для максимальних витрат води, оцінена однорідність багаторічних рядів шарів стоку весняного водопілля (табл.2.10). Як показано в таблиці, з тринадцяти рядів лише три є неоднорідними – це р.Західний Буг - м.Сокаль, р.Західний Буг - с.Литовеж, р. Желдець - с. Лугове. Виявлено, що ряди р.Західний Буг – с. Литовеж і р. Желдець - с. Лугове містять дані за 30-35 років спостережень. Коротка тривалість рядів спостережень могла спричинити неоднорідність рядів.

Таблиця 2.10 – Оцінка однорідності часових рядів шарів стоку весняного водопілля річок басейну р. Вісла (рівень значущості  $\alpha=5\%$ )

№ з/п	Річка - пост	Критерій			Висновок
		Фішера	Стьюдента	Уїлкоксона	
1	р.Вишня – с. Твіржа	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
2	р. Західний Буг - смт.Сасів	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
3	р. Західний Буг - м. Камянка-Бузька	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
4	р.Західний Буг - м. Сокаль	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
5	р.Західний Буг - с.Литовеж	неоднорідні	неоднорідні	однорідні	<b>неоднорідні</b>
6	р.Полтва – м. Буськ	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
7	р.Рата – с.Волиця	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
8	р.Рата – с. Межиріччя	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
9	р.Свиня – м. Жовква	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
10	р. Желдець – с. Лугове	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>

Продовження табл.2.10

11	р. Солокія – м. Червоноград	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
12	р. Луга – м.Володимир- Волинський	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
13	р.Полтва- с.Пельтев	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні

Для часових рядів максимального стоку дощових паводків за аналогічними критеріями також оцінена однорідність багаторічних рядів максимальних витрат води та шарів стоку дощових паводків (табл.2.11-2.12). Як показано в табл.2.11, для випадку максимальних витрат води з тринадцяти рядів даних лише один є неоднорідним - це р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів), як показано вище на цьому водозборі проявляється в значній мірі антропогенний вплив.

Таблиця 2.11 – Оцінка однорідності часових рядів витрат води дощових паводків річок басейну р. Вісла (рівень значущості  $\alpha=5\%$ )

№ з/п	Річка - пост	Критерій			Висновок
		Фішера	Стьюдента	Уїлкоксона	
1	р.Вишня – с. Твіржа	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
2	р. Західний Буг - смт.Сасів	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
3	р. Західний Буг - м. Кам'янка- Бузька	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
4	р.Західний Буг - м. Сокаль	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
5	р.Західний Буг - с.Литовеж	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
6	р.Полтва – м. Буськ	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
7	р.Рата – с.Волиця	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні

Продовження табл.2.11

8	р.Рата – с. Межириччя	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
9	р.Свиня – м. Жовква	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
10	р. Желдець – с. Лугове	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
11	р. Солокія – м. Червоноград	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
12	р. Луга – м.Володимир- Волинський	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
13	р.Полтва- с.Пельтев	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>

Таблиця 2.12 – Оцінка однорідності часових рядів шарів стоку дощових паводків річок басейну р. Вісла (рівень значущості  $\alpha=5\%$ )

№ з/п	Річка - пост	Критерій			Висновок
		Фішера	Стьюдента	Уїлкоксона	
1	р.Вишня – с. Твіржа	однорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
2	р. Західний Буг - смт.Сасів	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
3	р. Західний Буг - м. Кам'янка- Бузька	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
4	р.Західний Буг - м. Сокаль	неоднорідні	однорідні	однорідні	однорідні
5	р.Західний Буг - с.Литовеж	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
6	р.Полтва – м. Буськ	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
7	р.Рата – с.Волиця	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
8	р.Рата – с. Межириччя	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
9	р.Свиня – м. Жовква	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
10	р. Желдець – с. Лугове	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні

Продовження табл.2.11

11	р. Солокія – м. Червоноград	неоднорідні	неоднорідні	неоднорідні	<b>неоднорідні</b>
12	р. Луга – м.Володимир- Волинський	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні
13	р.Полтва- с.Пельтев	однорідні	однорідні	однорідні	однорідні

Результати відносно шарів стоку дощових паводків (табл.2.12), відрізняються, тут з тринадцяти рядів даних два є неоднорідними - це р.Вишня - с. Твіржа, р. Солокія - м. Червоноград. Неоднорідність ряду р. Солокія - м. Червоноград можна пояснити значними водогосподарськими перетвореннями, так, річку використовують для меліорації, технічного водопостачання і наповнення штучних водойм.

#### 2.5.2 Дослідження циклічності максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла

Дослідження циклічності стоку недоцільно проводити, використовуючи тільки хронологічні графіки коливання стоку. Так, окремі роки високої або низької водності можуть сильно заважати визначенню закономірностей коливань річного стоку. Для того, щоб цьому запобігти, використовуються методи фільтрації або згладжування. Існує велика кількість методів математичних фільтрів, за допомогою яких виявляють періодичні складові в коливальних рядах. Серед них є не тільки лінійні, але й нелінійні фільтри. Досить часто в практиці розрахунків використовуються різницево інтегральні криві [5].

Отже, для побудови різницево інтегральних кривих відхилень спочатку розраховуються модульні коефіцієнти, відносні величини. Далі відхилення

модульних коефіцієнтів від їх середнього багаторічного значення, яке дорівнює одиниці, послідовно складаються з урахуванням знаку.

Так, період, для якого ділянка різницево інтегральної кривої має нахил вгору відносно осі абсцис з переважанням додатних відхилень від середнього, відповідає багатоводній фазі коливань стоку. Маловодній фазі коливань стоку відповідає ділянка, яка має нахил вниз з переважанням від'ємних значень [20].

Для кожного пункту спостереження було розраховано ординати різницево-інтегральної кривої, а потім були побудовані різницево-інтегральні криві.

В ході аналізу різницево-інтегральних кривих максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла було визначено, що цикли водності співпадають між собою, що говорить про те, що обрані пункти спостереження мають синхронні коливання річного стоку, тому можна використовувати для подальших розрахунків та співставляти між собою.

Також можна сказати про те, що для пунктів спостереження можна чітко виділити фази водності (рис.2.26-2.28).

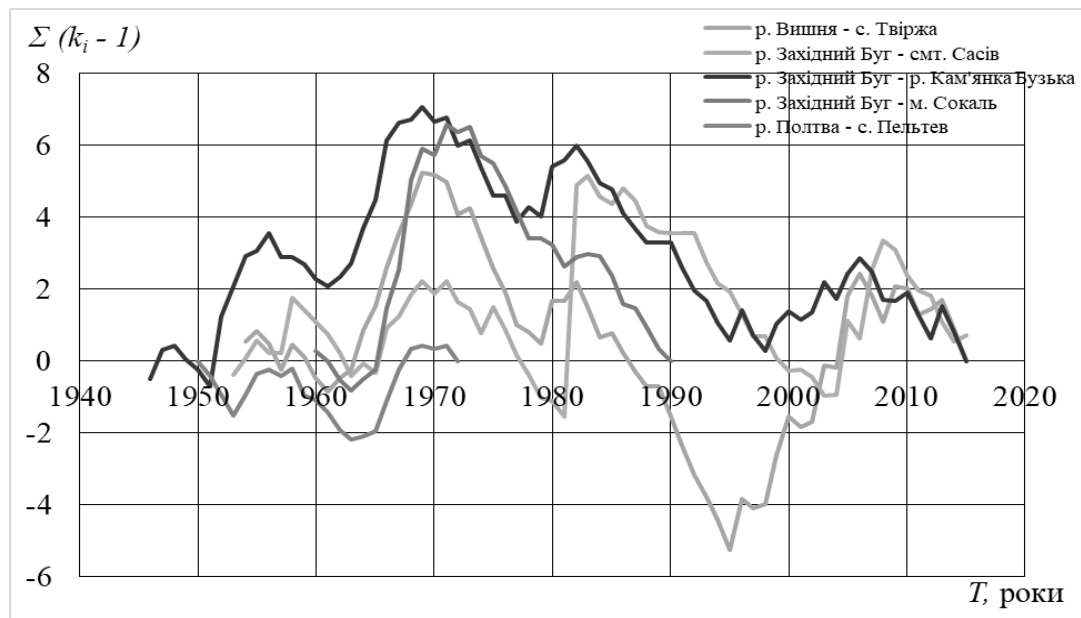


Рисунок 2.26 – Різницево-інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла

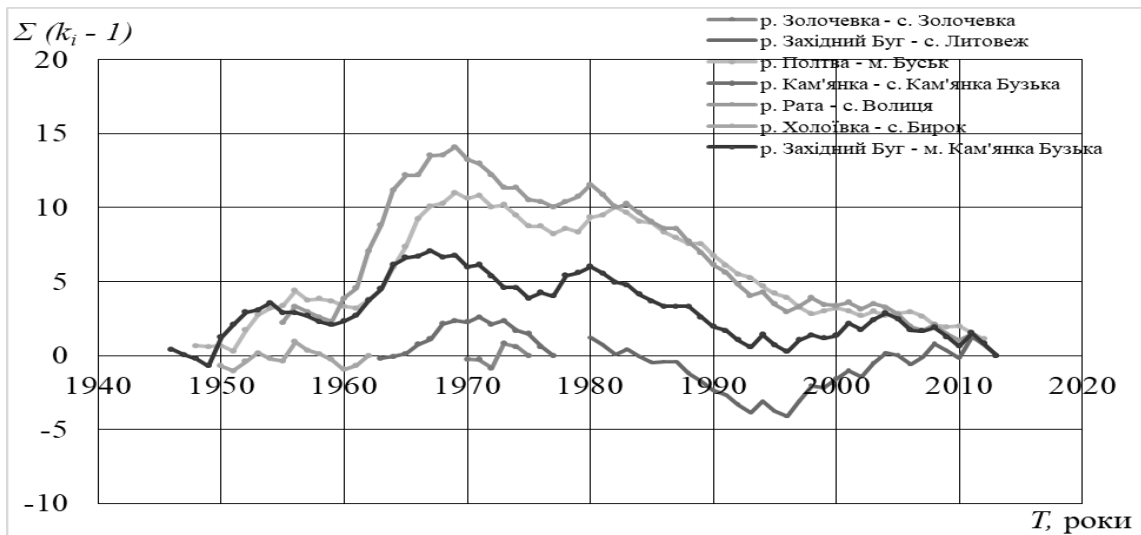


Рисунок 2.27 – Різницево-інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла

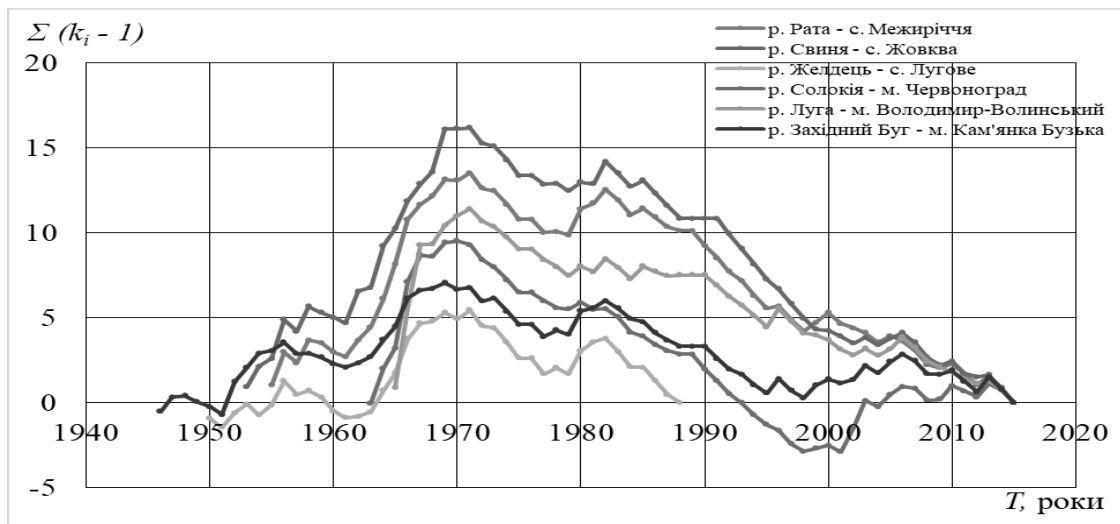


Рисунок 2.28 – Різницево-інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла

Так, від початку спостережень до 1952 – 1954 рр. спостерігається маловодна фаза, до 1956 – 1958 рр. – багатоводна фаза, до 1962 – 1965 рр. – маловодна фаза, до 1969 – 1971 рр. – багатоводна фаза, до 1979 – 1981 рр. маловодна фаза, яка була менше виражена для посту р. Західний Буг – м. Сокаль, до 1983 – 1985 рр. – багатоводна, до 1998 – 2003 рр. – маловодна фаза, до 2006 – 2008 рр. – багатоводна, до 2015 р. – маловодна.

На момент 2015 року для всіх пунктів спостереження спостерігається маловодна фаза.

В ході аналізу різницево-інтегральних кривих шарів стоку весняного водопілля річок басейну р. Вісла було визначено, що фази водності співпадають між собою (рис.2.29 – 2.31).

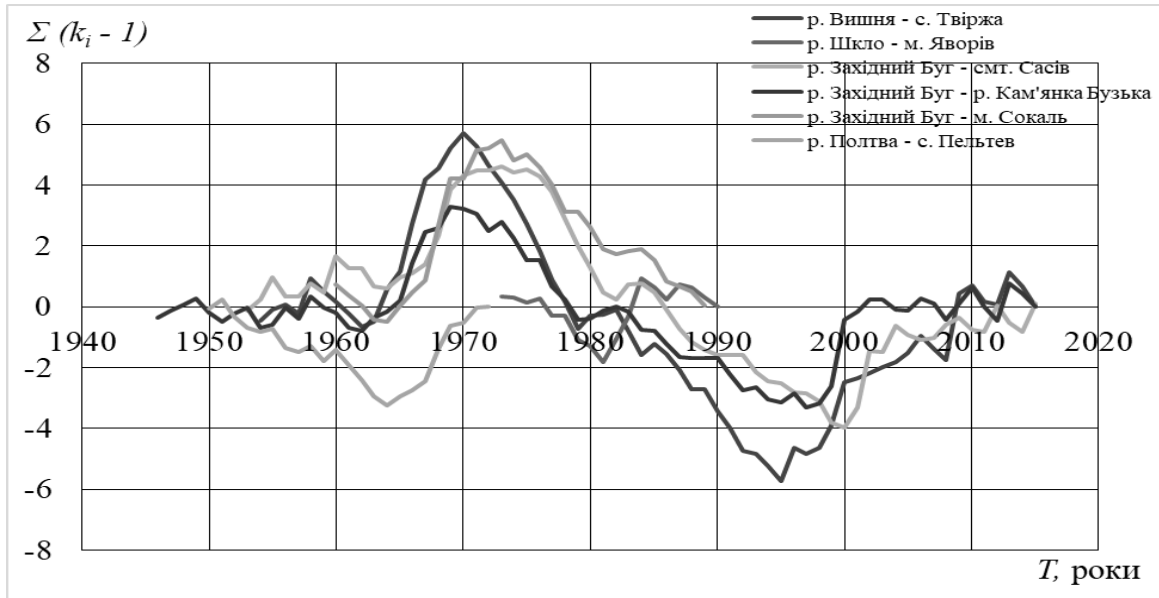


Рисунок 2.29 – Різницево-інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля річок басейну р. Вісла

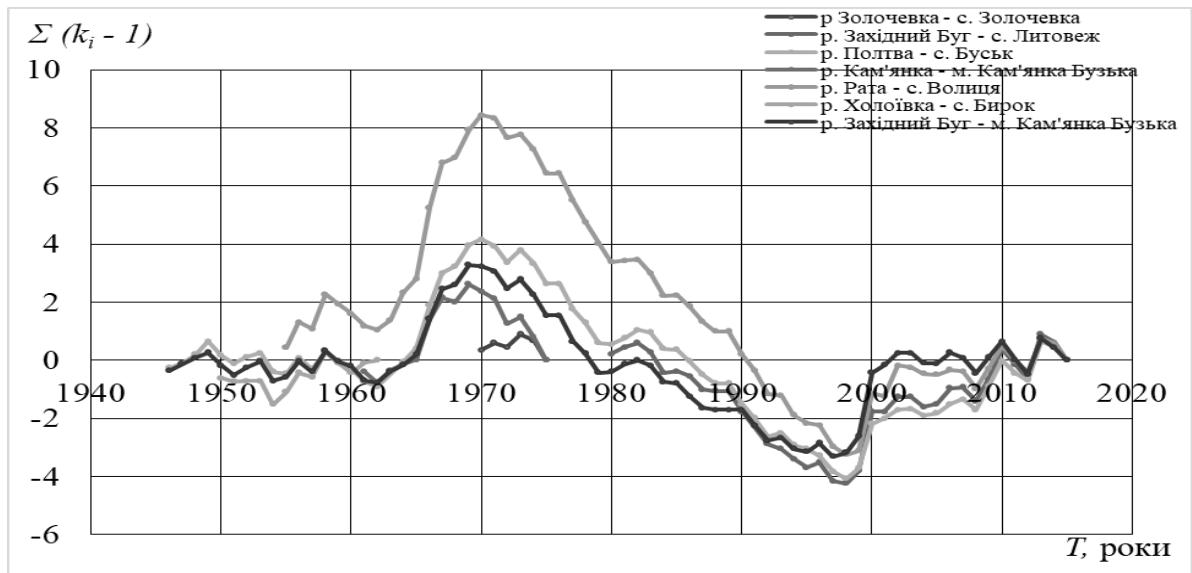


Рисунок 2.30– Різницево-інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля річок басейну р. Вісла

До 1960 р. не можна чітко виділити фази водності, до 1970 – 1972 рр. спостерігається багатоводна фаза, до 1979 – 1983 рр. – маловодна, до 1985 – 1986 рр. багатоводна фаза, більш виражена для посту р. Шкло – м. Яворів, до



1995 – 2000 рр. – маловодна фаза, до 2015 р. – для більшості постів спостерігається багатоводна фаза.

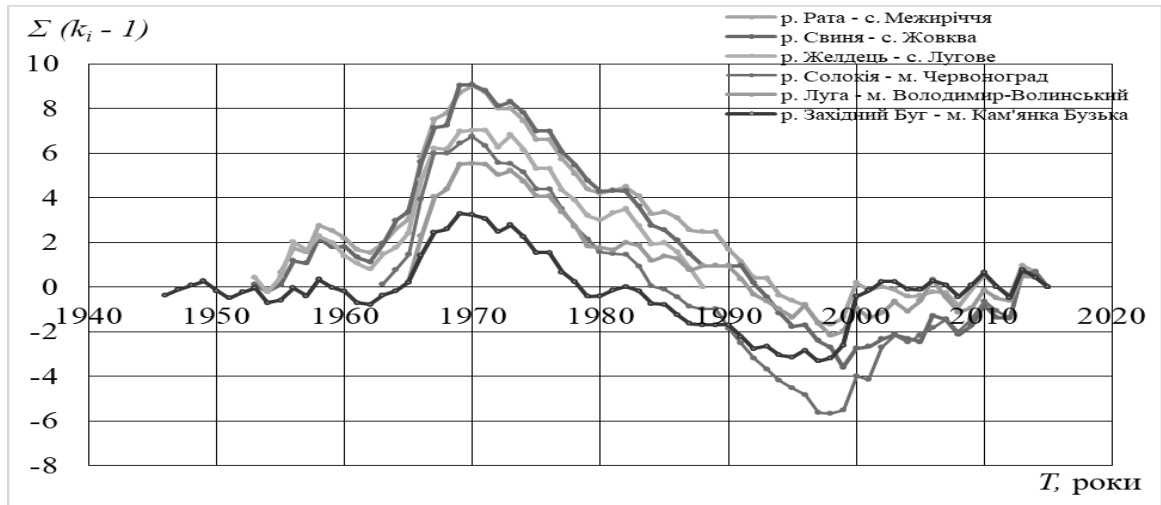


Рисунок 2.31 – Різницево-інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля річок басейну р. Вісла

В ході аналізу різницево-інтегральних кривих максимальних витрат води дощових паводків річок басейну р. Вісла спостерігається більша амплітуда коливань. Для більшості пунктів спостереження цикли водності також співпадають між собою (рис.2.32 – 2.34).

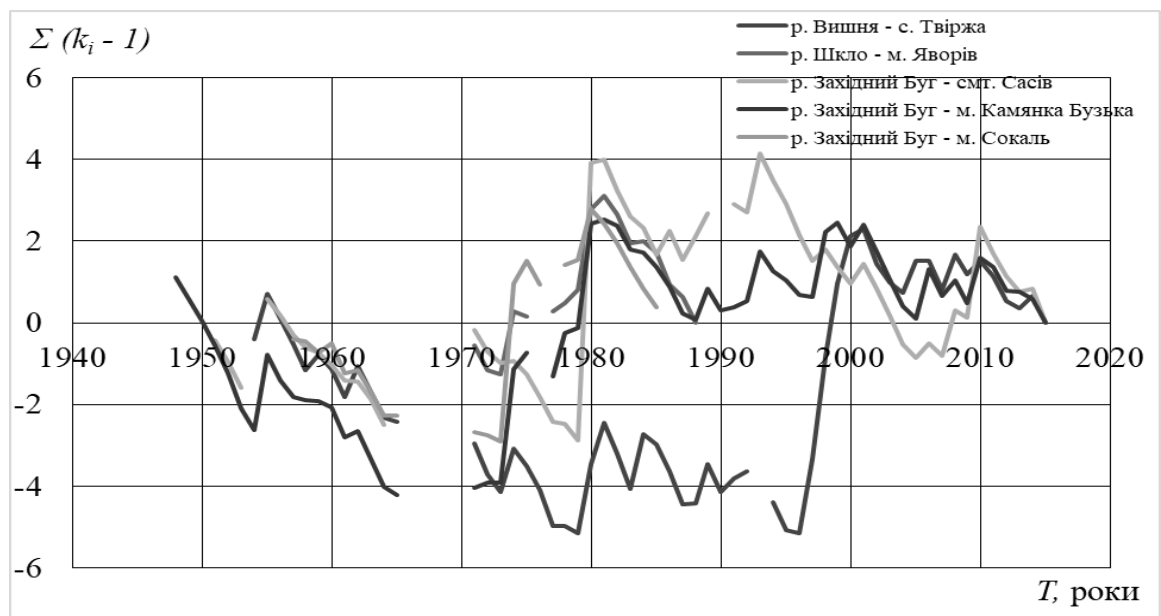


Рисунок 2.32 – Різницево-інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків річок басейну р. Вісла

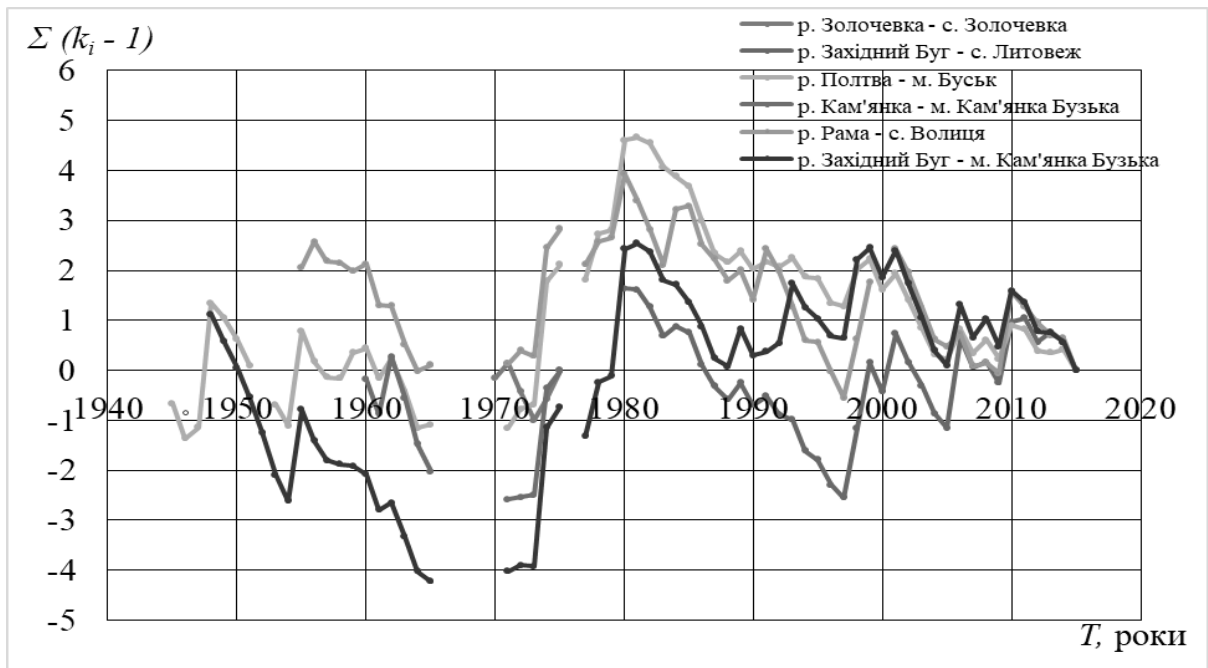


Рисунок 2.33 – Різницево-інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків річок басейну р. Вісла

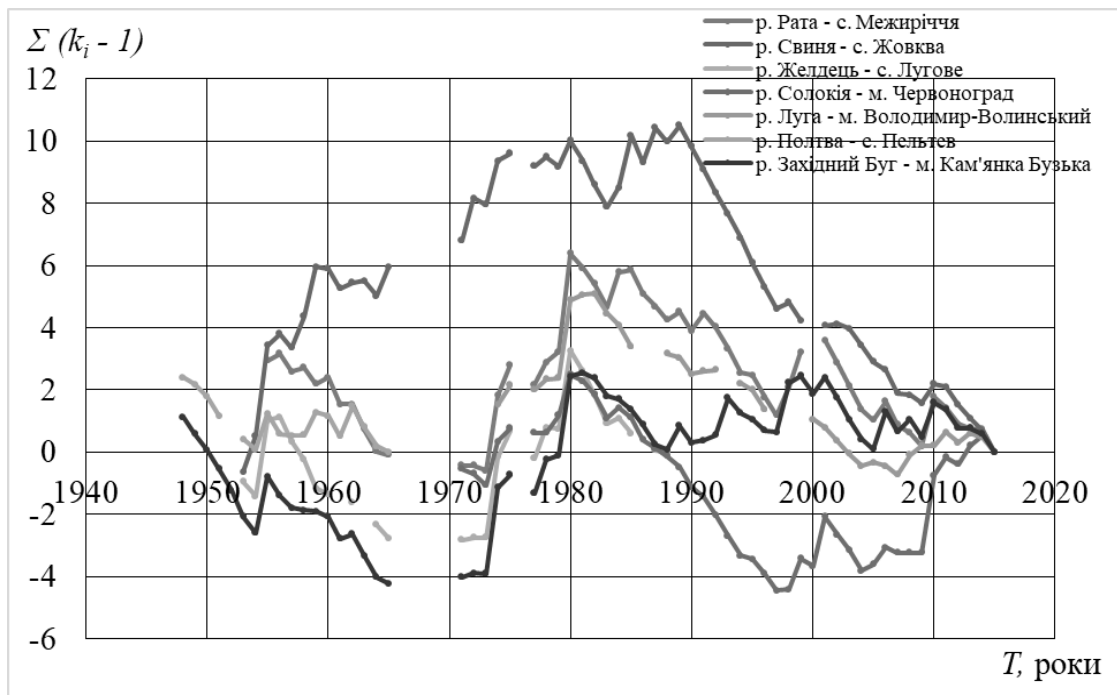


Рисунок 2.34 – Різницево-інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків річок басейну р. Вісла

До 1975 р. спостерігається маловодна фаза, до 1982 р. – багатоводна, до 1987 р. – маловодна, до 2001 р. – багатоводна, до 2015 р. – маловодна фаза.

Різницево-інтегральна крива витрат води дощових паводків, розрахована для посту р. Вишня – п. Твіржа характеризується асинфазністю відносно інших різницево-інтегральних кривих. За періоди, в які фази водності р. Вишня – п.Твіржа відрізнялись від фаз водності більшості постів, відсутні будь-які значні антропогенні перетворення, тому можна вважати, що на стік дощових паводків р. Вишня – п. Твіржа впливають інші фактори.

На рис.2.33 спостерігається деяка асинхронність коливань максимального стоку дощових паводків. Також, на рис.2.34 значно виділяється ряд р. Свиня – м. Жовква. Тут до 1990 р. спостерігається багатоводна фаза, яка після 1990 р. змінюється на маловодну.

Відомо, що значна територія біля м. Жовква була заболоченою і поступово осушувалася. В долині річки існували великі стави, також осушені. Такі антропогенні зміни могли впливати на фази водності річки.

В ході аналізу різницево-інтегральних кривих шарів стоку дощових паводків річок басейну р. Вісла було визначено, що фази водності співпадають між собою (рис.2.35 – 2.37).

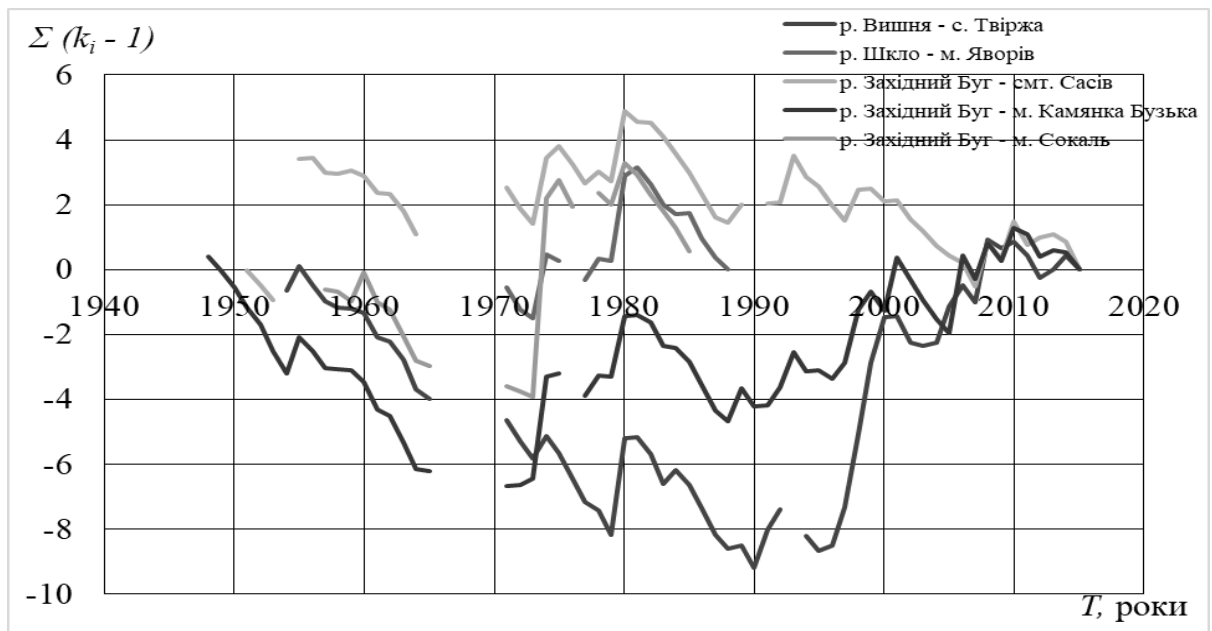


Рисунок 2.35 – Різницево-інтегральні криві шарів стоку дощових паводків річок басейну р. Вісла

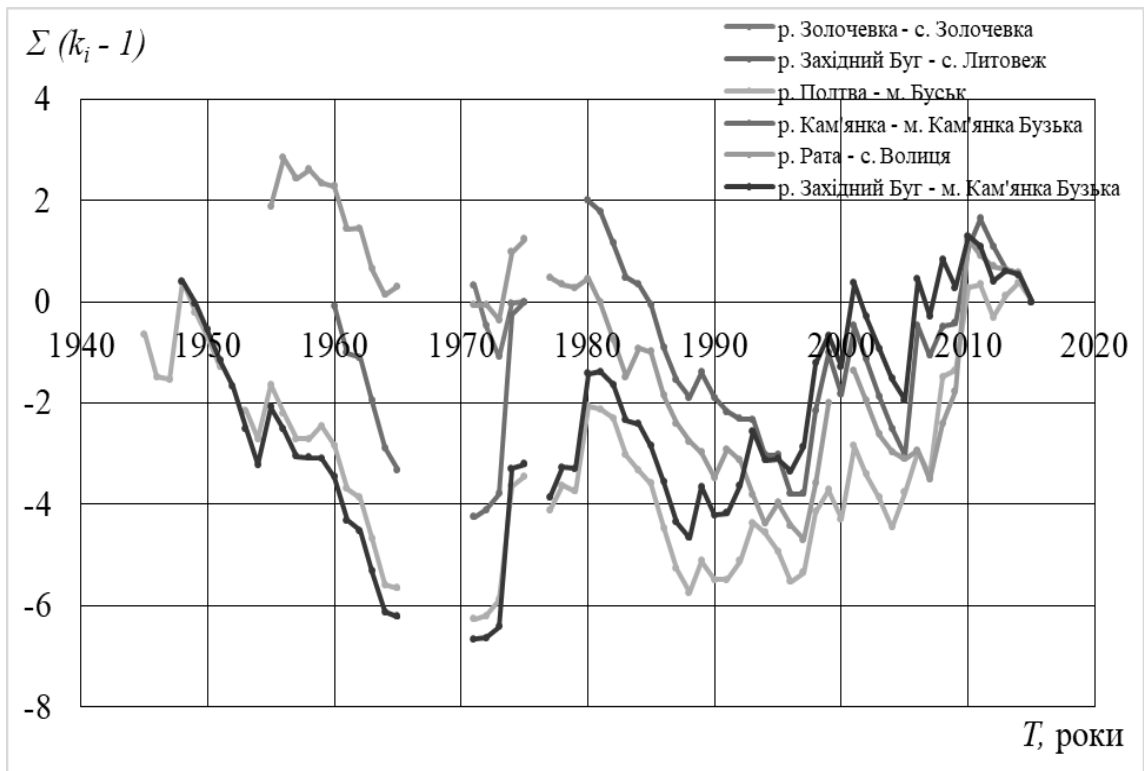


Рисунок 2.36 – Різницево-інтегральні криві шарів стоку дощових паводків річок басейну р. Вісла

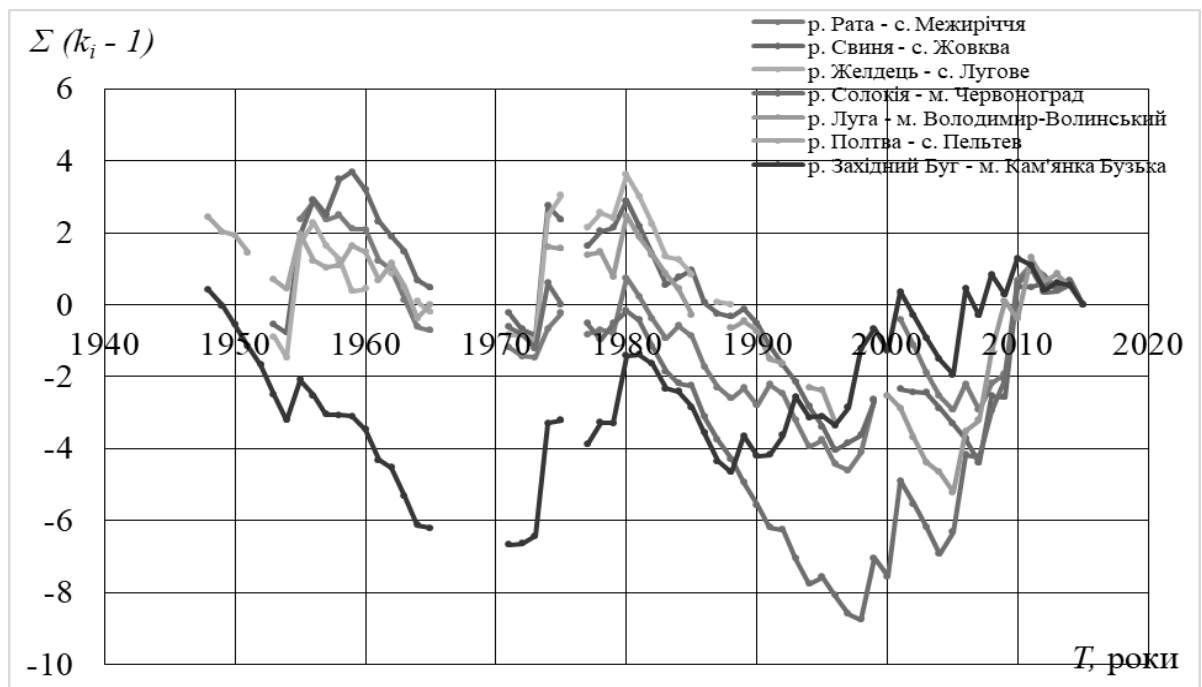


Рисунок 2.37 – Різницево-інтегральні криві шарів стоку дощових паводків річок басейну р. Вісла

### 2.5.3 Статистична обробка та узагальнення статистичних параметрів часових рядів по максимальному стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла

Визначення числових характеристик випадкових величин є важливим етапом статистичного аналізу, а отже, і подальшого дослідження. В ході роботи була виконана статистична обробка часових рядів даних максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль по 17 гідрологічним постам за період від початку спостережень до 2015 р. Розраховані статистичні параметри характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль для басейну р. Вісла в межах України, а саме: кількість років спостережень ( $n$ ), середні багаторічні значення шарів стоку ( $\bar{Y}_m$ , мм) та витрат води ( $\bar{Q}_m$ , м<sup>3</sup>/с), коефіцієнти варіації ( $C_v$ ), коефіцієнти асиметрії ( $C_s$ ) та співвідношення  $C_v/C_s$ .

Статистичні параметри характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль розраховані двома методами: методом моментів та найбільшої правдоподібності. Далі, за допомогою трьохпараметричного гама-розподілу були розраховані витрати води та шари стоку весняного водопілля та дощових паводків забезпеченістю ( $P = 1\%$ ) [28].

В наступних таблицях пункту табл. 2.12 – 2.15 наведені статистичні характеристики часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля та дощових паводків.

Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла (табл.2.12) показала, що коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом моментів змінюються від 0,46 (р.Полтва - с.Пельтев) до 1,03 (р. Західний Буг - смт Сасів, р. Луга - м. Володимир-Волинський), коефіцієнти асиметрії  $C_s$  змінюються від 0,40 (р.Полтва - с.Пельтев) до 4,36 (р. Західний Буг - смт.Сасів). Коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом найбільшої правдоподібності змінюються від 0,46 (р.Полтва - с.Пельтев) до 1,13 (р. Західний Буг - смт Сасів),

відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  змінюються від 0,9 (р. Желдець - с. Лугове) до 7,0 (р.Золочевка - с.Золочевка). В середньому для досліджуваних постів відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  складає 2,5 (табл.2.12).

Таблиця 2.12 – Статистичні характеристики часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Вісла

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності	
				$C_v$	$C_s$	( $R_1$ )	$C_v$	$C_s/C_v$
1	р.Вишня - с. Твіржа	562	34,8	0,75	0,70	0,295	0,76	1,0
2	р. Шкло - м. Яворів	236	9,83	0,79	1,13	0,069	0,82	1,8
3	р. Західний Буг - смт.Сасів	107	6,19	1,03	4,36	0,013	1,13	6,0
4	р. Західний Буг – м. Кам янка-Бузька	2350	75,3	0,64	0,84	0,211	0,64	1,4
5	р.Західний Буг – м. Сокаль	6250	153	0,75	1,77	0,545	0,76	3,1
6	р.Золочевка - с.Золочевка	90,0	2,22	0,85	2,09	-0,348	0,94	7,0
7	р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	115	0,65	0,63	0,046	0,65	1,0
8	р.Полтва - м. Буськ	1440	41,4	0,61	1,03	0,487	0,61	1,8
9	руч. Каменка – м. Каменка-Бугская	141	9,08	0,52	0,13	0,355	0,53	0,5
10	р.Рата - с.Волиця	1140	43,5	0,85	1,32	0,421	0,86	1,7
11	р.Рата – с. Межириччя	1740	61,0	0,85	1,15	0,460	0,86	1,5
12	р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	4,56	0,91	1,22	0,330	0,93	1,4
13	р. Желдець – с. Лугове	246	13,7	0,79	0,65	0,350	0,80	0,9
14	р. Солокія – м. Червоноград	931	21,2	0,89	2,23	0,491	0,91	3,1
15	р. Луга – м. Володимир-Волинський	1270	20,6	1,03	3,10	0,481	1,10	4,1
16	р.Полтва - с.Пельтев	725	31,1	0,46	0,40	0,471	0,46	1,0
17	р.Холоевка - х.Бирок	46,0	2,42	0,63	0,76	-0,035	0,64	1,5

Аналогічно, результати статистичної обробки часових рядів шарів стоку весняного водопілля річок басейну р. Вісла (табл.2.13) показали, що коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом моментів змінюються від 0,45 (р.Полтва - с.Пельтев) до 0,78 (р. Солокія - м. Червоноград), коефіцієнти асиметрії  $C_s$  змінюються від 0,20 (р руч.Холоевка - х.Бирок) до 2,17 (р.Західний Буг - м. Сокаль). Коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом найбільшої правдоподібності змінюються від 0,44 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 0,81 (р.Західний Буг - м. Сокаль), відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  змінюються від 0,60 (руч.Холоевка - х.Бирок) до 3,9 (р.Західний Буг - м. Сокаль). В середньому для досліджуваних постів відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  складає 2,0.

Таблиця 2.13 – Статистичні характеристики часових рядів шарів стоку весняного водопілля річок басейну р. Вісла

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Y}_m$ , мм	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності	
				$C_v$	$C_s$	( $R_1$ )	$C_v$	$C_s/C_v$
1	р.Вишня - с. Твіржа	562	49,0	0,70	0,99	0,357	0,70	1,5
2	р. Шкло - м. Яворів	236	27,8	0,55	0,84	0,275	0,56	1,8
3	р. Західний Буг - смт.Сасів	107	64,3	0,56	1,04	0,289	0,56	2,0
4	р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	2350	48,9	0,54	1,31	0,221	0,54	2,6
5	р.Західний Буг – м. Сокаль	6250	44,5	0,77	2,17	0,327	0,81	3,9
6	р.Золочевка - с.Золочевка	90,0	43,5	0,43	0,67	0,155	0,44	2,1
7	р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	39,1	0,61	1,62	0,090	0,62	3,3
8	р.Полтва - м. Буськ	1440	44,9	0,53	0,96	0,317	0,53	1,9
9	струм. Кам'янка – м. Кам'янка-Бузька	141	48,2	0,62	0,61	0,294	0,64	1,2
10	р.Рата - с.Волиця	1140	43,2	0,72	1,35	0,362	0,72	2,1
11	р.Рата – с. Межиріччя	1740	41,5	0,72	1,56	0,362	0,72	2,5

Продовження табл.2.13

12	р. Свиня – м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	31,6	0,75	1,26	0,301	0,75	1,8
13	р. Желдець – с. Лугове	246	37,9	0,77	1,19	0,384	0,78	1,8
14	р. Солокія – м. Червоноград	931	37,7	0,78	1,53	0,425	0,78	2,3
15	р. Луга – м. Володимир- Волинський	1270	26,9	0,66	1,15	0,300	0,67	1,9
16	р.Полтва - с.Пельтев	725	54,0	0,45	0,49	0,354	0,45	1,2
17	р.Холоевка - х.Бирок	46,0	49,2	0,49	0,20	-0,196	0,50	0,6

Як видно з табл.2.14, результати визначення статистичних характеристик часових рядів максимальних витрат води дощових паводків річок басейну р. Вісла показали, що коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом моментів змінюються від 0,50 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 1,16 (р. Західний Буг - смт.Сасів), коефіцієнти асиметрії  $C_s$  змінюються від 0,21 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 4,10 (р. Західний Буг - смт.Сасів). Коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом найбільшої правдоподібності змінюються від 0,52 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 1,31 (р. Західний Буг - смт.Сасів), відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  змінюються від 0,8 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 5,8 (р. Луга - м. Володимир-Волинський). В середньому для досліджуваних постів відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  складає 3,0.

В табл.2.15, де наведені результати статистичної обробки часових рядів шарів стоку дощових паводків річок басейну р. Вісла видно, що коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом моментів змінюються від 0,69 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 1,41 (р.Західний Буг - м. Сокаль), коефіцієнти асиметрії  $C_s$  змінюються від 0,51 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 3,83 (р.Західний Буг - м. Сокаль).



Таблиця 2.14 – Статистичні характеристики часових рядів максимальних витрат води дощових паводків річок басейну р. Вісла

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності	
				Cv	Cs	(R <sub>1</sub> )	Cv	Cs/Cv
1	р.Вишня – с. Твіржа	562	28,4	0,82	1,20	0,265	0,82	1,6
2	р. Шкло – м. Яворів	236	9,15	0,76	1,58	0,249	0,78	3,1
3	р. Західний Буг - смт.Сасів	107	5,92	1,16	4,10	-0,089	1,31	4,9
4	р. Західний Буг - м. Кам'янка-Бузька	2350	50,5	0,81	1,76	-0,067	0,82	2,5
5	р.Західний Буг - м. Сокаль	6250	86,9	0,94	3,34	0,107	1,16	5,7
6	р.Золочевка - с.Золочевка	90,0	7,00	0,50	0,21	0,133	0,52	0,8
7	р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	81,8	0,69	1,48	-0,095	0,70	2,6
8	р.Полтва – м. Буськ	1440	29,2	0,69	2,03	0,015	0,70	3,5
9	струм. Кам'янка - м. Кам'янка-Бузька	141	5,62	0,93	1,40	0,092	1,00	2,4
10	р.Рата - с.Волиця	1140	26,2	0,72	1,35	0,071	0,73	2,1
11	р.Рата – с. Межиріччя	1740	37,0	0,90	1,94	0,077	0,92	2,6
12	р. Свиня – м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	3,71	0,80	1,37	0,217	0,81	1,9
13	р. Желдець – с. Лугове	246	9,32	1,03	1,65	0,049	1,06	2,1
14	р. Солокія – м. Червоноград	931	12,6	0,69	1,70	0,158	0,70	3,0
15	р. Луга – м. Володимир-Волинський	1270	9,08	0,61	2,53	0,240	0,64	5,8
16	р.Полтва - с.Пельтев	725	19,0	0,85	1,70	-0,164	0,88	3,0

Коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом найбільшої правдоподібності змінюються від 0,74 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 1,74 (р.Західний Буг - м. Сокаль), відношення коефіцієнта асиметрії до

коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  змінюються від 1,0 (р.Золочевка - с.Золочевка) до 4,7 (р.Західний Буг - м. Сокаль). В середньому для досліджуваних постів відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  складає 2,5.

Таблиця 2.15 – Статистичні характеристики часових рядів шарів стоку дощових паводків річок басейну р. Вісла

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Y}_m$ , мм	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності	
				$C_v$	$C_s$	( $R_1$ )	$C_v$	$C_s/C_v$
1	р.Вишня - с.Твіржа	562	17,3	0,88	1,67	0,268	0,89	2,2
2	р. Шкло – м. Яворів	236	13,5	0,94	2,02	0,069	0,99	3,5
3	р. Західний Буг - смт.Сасів	107	25,7	0,95	1,52	0,235	0,96	1,8
4	р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	2350	18,6	0,80	1,44	-0,072	0,81	2,0
5	р.Західний Буг – м. Сокаль	6250	15,5	1,41	3,83	0,056	1,74	4,7
6	р.Золочевка - с.Золочевка	90	11,6	0,69	0,51	-0,238	0,74	1,0
7	р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	14,0	0,86	1,52	-0,032	0,88	2,1
8	р.Полтва - м. Буськ	1440	15,8	0,76	1,36	0,019	0,76	2,0
9	р. Каменка – м. Каменка-Бугская	141	17,4	1,27	2,42	0,234	1,42	4,1
10	р.Рата - с.Волиця	1140	12,8	0,75	1,85	0,235	0,75	2,9
11	р.Рата – с. Межириччя	1740	13,3	0,81	1,65	0,204	0,82	2,3
12	р. Свиня – м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	9,12	0,92	2,36	0,075	0,96	3,1
13	р. Желдець – с. Лугове	246	14,1	1,10	2,21	0,065	1,14	2,9
14	р. Солокія – м. Червоноград	931	11,8	0,92	1,71	0,112	0,94	2,2
15	р. Луга – м. Володимир-Волинський	1270	9,22	0,84	1,32	-0,006	0,85	1,8
16	р.Полтва - с.Пельтев	725	12,3	0,88	1,65	-0,245	0,91	2,8

В роботі здійснені розрахунки шарів стоку та витрат води 1%-ї забезпеченості весняного водопілля та дощових паводків басейну річки Вісла.

За результатами розрахунків, максимальні витрати води дощових паводків рідкісної імовірності перевищення змінюються від 14,8 м<sup>3</sup>/с (р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів), до 488 м<sup>3</sup>/с (р.Західний Буг - м. Сокаль) (табл.2.16), а відповідні шари стоку коливаються від 38,0 мм (р. Луга - м.Володимир-Волинський), до 130 мм (р.Західний Буг - м. Сокаль) (табл.2.17).

Таблиця 2.16 – Розрахунок максимальних витрат дощових паводків забезпеченості ( $P = 1\%$ ) при  $C_s = 3,0$   $C_v$

Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$K_{1\%}$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с
р.Вишня - с. Твіржа	562	28,4	0,82	4,05	115
р. Шкло - м. Яворів	236	9,15	0,78	3,87	35,4
р. Західний Буг - смт.Сасів	107	5,92	1,31	6,31	37,4
р. Західний Буг - м. Кам янка-Бузька	2350	50,5	0,82	4,05	205
р.Західний Буг - м. Сокаль	6250	86,9	1,16	5,61	488
р.Золочевка - с.Золочевка	90,0	7,00	0,52	2,74	19,2
р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	81,8	0,70	3,50	286
р.Полтва - м. Буськ	1440	29,2	0,69	3,46	101
руч. Каменка - м. Каменка-Бугская	141	5,62	1,00	4,87	27,3
р.Рата - с.Волиця	1140	26,2	0,73	3,64	95,5
р.Рата - с. Межиріччя	1740	37,0	0,92	4,50	167
р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	3,71	0,81	4,00	14,8

## Продовження табл.2.16

р. Желдець - с. Лугове	246	9,32	1,06	5,15	48,0
р. Солокія - м. Червоноград	931	12,6	0,70	3,50	44,0
р. Луга - м. Володимир-Волинський	1270	9,08	0,64	3,24	29,4
р.Полтва - с.Пельтев	725	19,0	0,88	4,32	81,9

Таблиця 2.17 – Розрахунок шарів стоку дощових паводків забезпеченості ( $P = 1\%$ ) при  $C_s = 2,5 C_v$

Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Y}_m$ , мм	$C_v$	$K_{1\%}$	$Y_{1\%}$ , мм
р.Вишня - с. Твіржа	562	17,3	0,89	4,28	74,0
р. Шкло - м. Яворів	236	13,5	0,99	4,73	64,0
р. Західний Буг - смт.Сасів	107	25,7	0,96	4,60	118
р. Західний Буг - м. Кам'янка-Бузька	2350	18,6	0,81	3,91	73,0
р.Західний Буг - м. Сокаль	6250	15,5	1,74	8,40	130
р.Золочевка - с.Золочевка	90,0	11,6	0,74	3,60	42,0
р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	14,0	0,88	4,23	59,0
р.Полтва - м. Буськ	1440	15,8	0,76	3,69	58,0
руч. Каменка - м. Каменка-Бугська	141	17,4	1,42	6,81	119
р.Рата - с.Волиця	1140	12,8	0,75	3,64	46,0
р.Рата - с. Межиріччя	1740	13,3	0,82	3,96	53,0
р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	9,12	0,96	4,60	42,0
р. Желдець - с. Лугове	246	14,1	1,14	5,45	77,0
р. Солокія - м. Червоноград	931	11,8	0,94	4,50	53,0
р. Луга - м. Володимир-Волинський	1270	9,22	0,85	4,09	38,0
р.Полтва - с.Пельтев	725	12,3	0,91	4,37	54,0

Аналогічні розрахунки, проведені для максимальних витрат води весняного водопілля рідкісної імовірності перевищення змінюються від 9,60 м<sup>3</sup>/с (р.Золочевка - с.Золочевка), до 540 м<sup>3</sup>/с (р.Західний Буг - м. Сокаль) (табл.2.18), відповідні шари стоку збільшуються від 72,8 мм (р. Шкло - м. Яворів), до 168 мм (р. Західний Буг - смт Сасів) (табл.2.19).

Таблиця 2.18 – Розрахунок максимальних витрат весняної повені забезпеченості ( $P = 1\%$ ) при  $C_s = 2,0 C_v$

Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$K_{1\%}$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с
р.Вишня - с. Твіржа	562	34,8	0,76	3,54	123
р. Шкло - м. Яворів	236	9,83	0,82	3,80	37,3
р. Західний Буг - смт.Сасів	107	6,19	1,13	5,19	32,1
р. Західний Буг - м. Кам янка-Бузька	2350	75,3	0,64	3,05	230
р.Західний Буг - м. Сокаль	6250	153	0,76	3,54	540
р.Золочевка - с.Золочевка	90,0	2,22	0,94	4,33	9,60
р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	115	0,65	3,09	356
р.Полтва - м. Буськ	1440	41,4	0,61	2,93	121
руч. Каменка - г. Каменка-Бугская	141	9,08	0,53	2,62	23,8
р.Рата - с.Волиця	1140	43,5	0,86	3,97	173
р.Рата - с. Межиріччя	1740	61,0	0,86	3,97	242
р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	4,56	0,93	4,28	19,5
р. Желдець - с. Лугове	246	13,7	0,80	3,71	51,0

## Продовження табл.2.18

р. Солокія - м. Червоноград	931	21,2	0,91	4,20	89,0
р. Луга - м. Володимир-Волинський	1270	20,6	1,10	5,05	104
р.Полтва - с.Пельтев	725	31,1	0,46	2,37	73,6
р.Холоевка - х.Бирок	46,0	2,42	0,64	3,05	7,39

Таблиця 2.19 – Розрахунок шарів стоку весняної повені забезпеченості ( $P = 1\%$ ) при  $C_s = 1,5 C_v$ 

Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Y}_m$ , мм	$C_v$	$K_{1\%}$	$Y_{1\%}$ , мм
р.Вишня - с. Твіржа	562	49,0	0,70	3,11	152
р. Шкло - м. Яворів	236	27,8	0,56	2,62	72,8
р. Західний Буг - смт.Сасів	107	64,3	0,56	2,62	168
р. Західний Буг - м. Кам'янка-Бузька	2350	49,0	0,54	2,56	125
р.Західний Буг - м. Сокаль	6250	44,5	0,81	3,53	157
р.Золочевка - с.Золочевка	90	43,5	0,44	2,22	96,6
р.Західний Буг - с.Литовеж	6740	39,1	0,62	2,83	111
р.Полтва - м. Буськ	1440	44,9	0,53	2,52	113
руч. Каменка - м. Кам'янка-Бузька	141	48,2	0,64	2,90	140
р.Рата - с.Волиця	1140	43,2	0,72	3,19	138
р.Рата - с. Межиріччя	1740	41,5	0,72	3,19	132
р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів)	98,6	31,6	0,75	3,30	104
р. Желдець - с. Лугове	246	37,9	0,78	3,41	129

## Продовження табл.2.18

р. Солокія - м. Червоноград	931	37,7	0,78	3,41	128
р. Луга - м. Володимир-Волинський	1270	26,9	0,67	3,01	80,8
р.Полтва - с.Пельтев	725	54,0	0,45	2,26	122
р.Холоевка - х.Бирок	46	49,2	0,50	2,42	119

*Просторове узагальнення характеристик максимального стоку.* Існує два підходи щодо узагальнення шарів стоку у просторі: картування або районування. Приступаючи до картування необхідно виключити можливий вплив місцевих факторів таких, як залісенність або заболоченість водозборів.

Спочатку досліджується залежність  $Y_{1\%}$  мм від широти геометричних центрів тяжіння водозборів  $\varphi, ^\circ$  дощових паводків (рис. 2.38) та весняного водопілля (рис. 2.39).

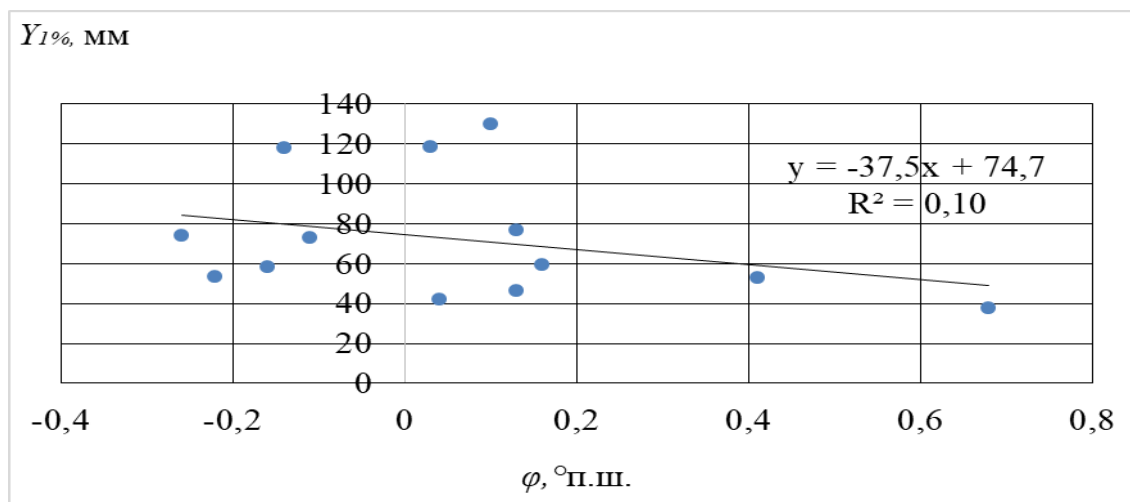


Рисунок 2.38 - Залежність  $Y_{1\%}$  дощових паводків від широти геометричних центрів тяжіння водозборів річок басейну р. Вісла

Отримана залежність шарів стоку дощових паводків і весняних водопіль рідкісної імовірності перевищення від географічної широти центрів тяжіння водозборів статистично незначна. Отже, на максимальний стік

дощових паводків і весняних водопіль можуть впливати місцеві фактори [38],[39].

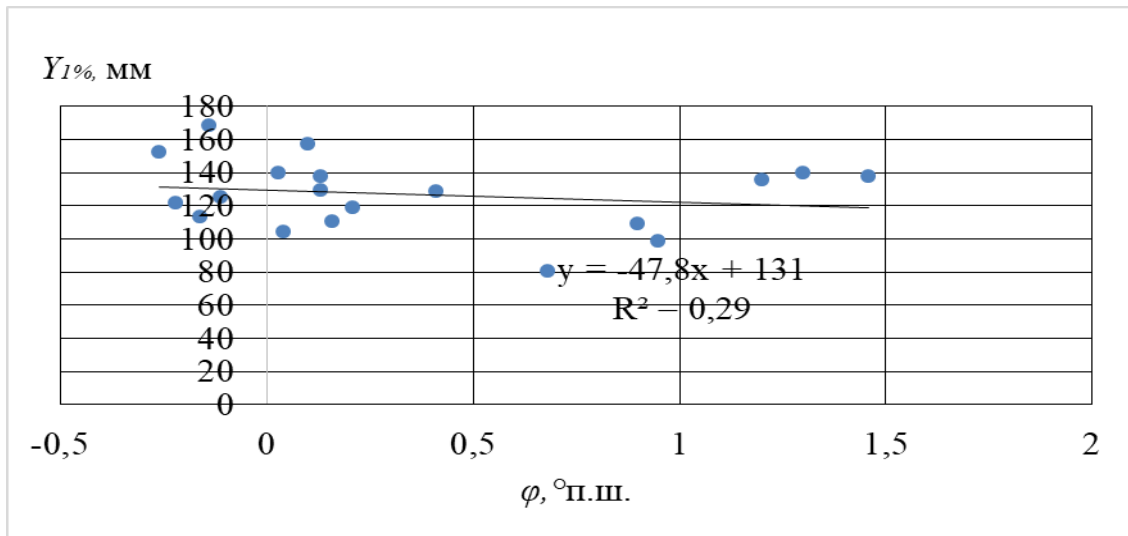


Рисунок 2.39 - Залежність  $Y_{1\%}$  весняного водопілля від широти геометричних центрів тяжіння водозборів річок басейну р. Вісла

Побудовані залежності  $(Y_{1\%})_{\varphi=50^\circ}$ , мм від залісеності водозборів, наведені на рис. 2.40 для весняного водопілля, та рис. 2.41 – для дощових паводків, а також залежності  $(Y_{1\%})_{\varphi=50^\circ}$ , мм від заболоченості водозборів для весняного водопілля та дощових паводків (рис. 2.42 та 2.43).

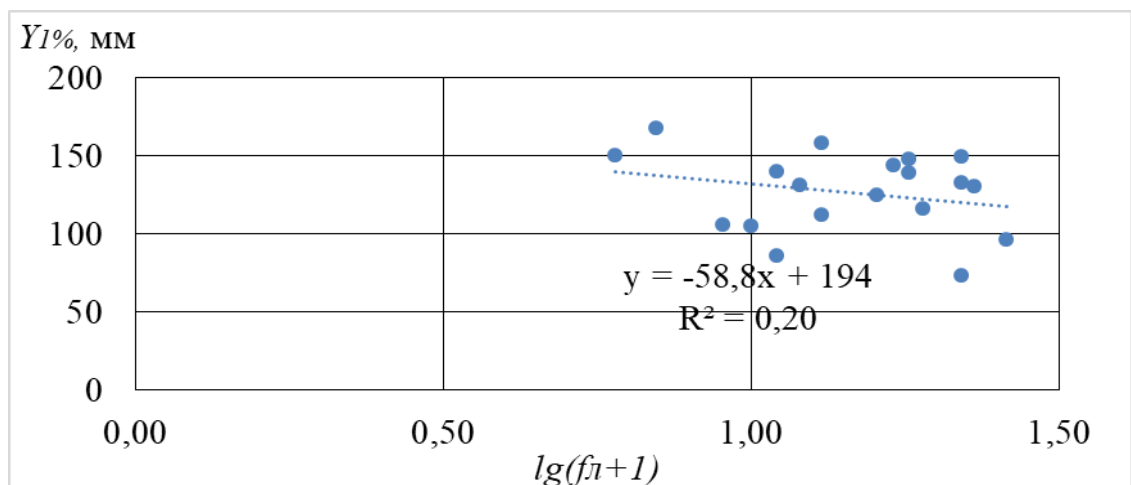


Рисунок 2.40 - Залежність  $(Y_{1\%})_{\varphi=50^\circ}$ , мм весняного водопілля від залісеності водозборів річок басейну р. Вісла



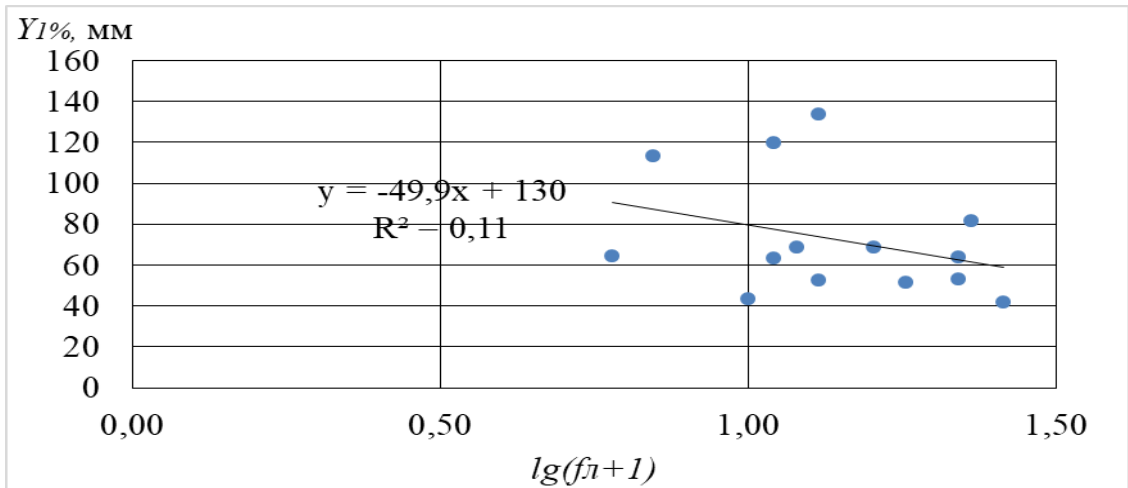


Рисунок 2.41 - Залежність  $(Y_{1\%})_{\varphi=50^\circ}$ , мм дощових паводків від залісеності водозборів річок басейну р. Вісла

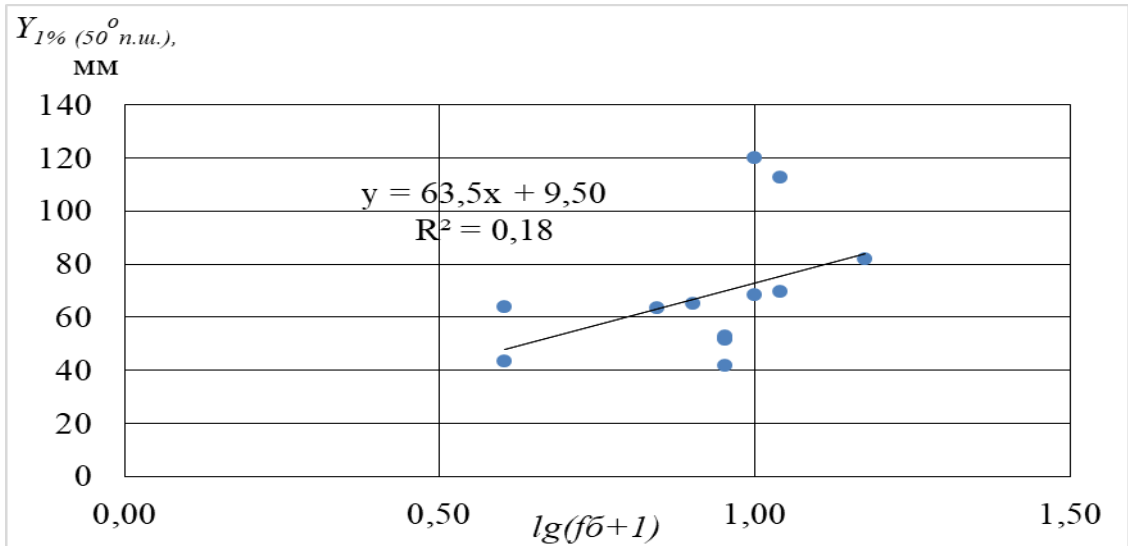


Рисунок 2.42 – Залежність  $(Y_{1\%})_{\varphi=50^\circ}$ , мм весняного водопілля від заболоченості водозборів річок басейну р. Вісла

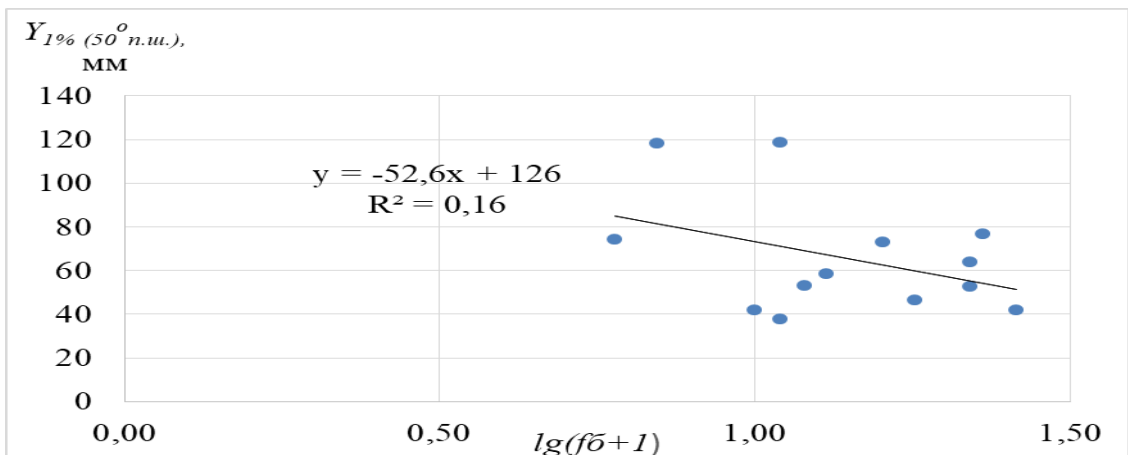


Рисунок 2.43 – Залежність  $(Y_{1\%})_{\varphi=50^\circ}$ , мм дощових паводків від заболоченості водозборів річок басейну р. Вісла

У обох випадках, як для дощових паводків, так і для весняних водопіль вплив лісистості на максимальний стік був незначним, проте спостерігалася залежність шарів стоку дощових паводків і весняних водопіль рідкісної імовірності перевищення від заболоченості водозбору.

Після виключення впливу заболоченості водозборів на максимальний стік дощових паводків і весняних водопіль отримали кращу залежність шарів стоку дощових паводків і весняних водопіль рідкісної імовірності перевищення від географічної широти центрів тяжіння водозборів.

Отже, було прийняте рішення побудувати карти ізоліній шарів стоку дощових паводків (рис.2.39) та весняних водопіль (рис.2.38) рідкісної імовірності перевищення з виключенням впливу заболоченості водозборів.

Для того, щоб скористуватися картами для визначення шарів стоку дощових паводків і весняних водопіль рідкісної імовірності перевищення для будь-якої точки водозбору потрібно зняти значення з карти у потрібній точці за допомогою ізоліній та скористатися формулам (2.2), (2.3) для дощових паводків і (2.2), (2.4) для весняних водопіль [40]

$$Y_{1\%} = K_{\delta} Y_{1\%}(f_{\delta}=0); \quad (2.2)$$

$$K_{\delta} = 1 + 0,64(\lg(f_{\delta} + 1)); \quad (2.3)$$

$$K_{\delta} = 1 + 1,40(\lg(f_{\delta} + 1)) \quad (2.4)$$

де,  $Y_{1\%}$  – шари стоку, мм;  $K_{\delta}$  – коефіцієнт заболоченості водозбору;  $Y_{1\%}(f_{\delta}=0)$  – шари стоку рідкісної імовірності перевищення (весняних водопіль або дощових паводків) з виключенням впливу заболоченості, зняті з карти ізоліній шарів стоку, мм;  $f_{\delta}$  – відсоток площі заболоченої території на водозборі, %.

Як видно з рис.2.44 та рис.2.45, ізолінії шарів стоку рідкісної імовірності перевищення  $Y_{1\%}(f_{\delta}=0)$  проведені через 2 мм і збільшуються з північного сходу на

південний захід. Шари стоку весняних водопіль рідкісної імовірності перевищення змінюються від 36 мм до 68 мм (рис.2.44), у той час як шари стоку дощових паводків рідкісної імовірності перевищення збільшуються від 20 мм до 40 мм (рис.2.45).

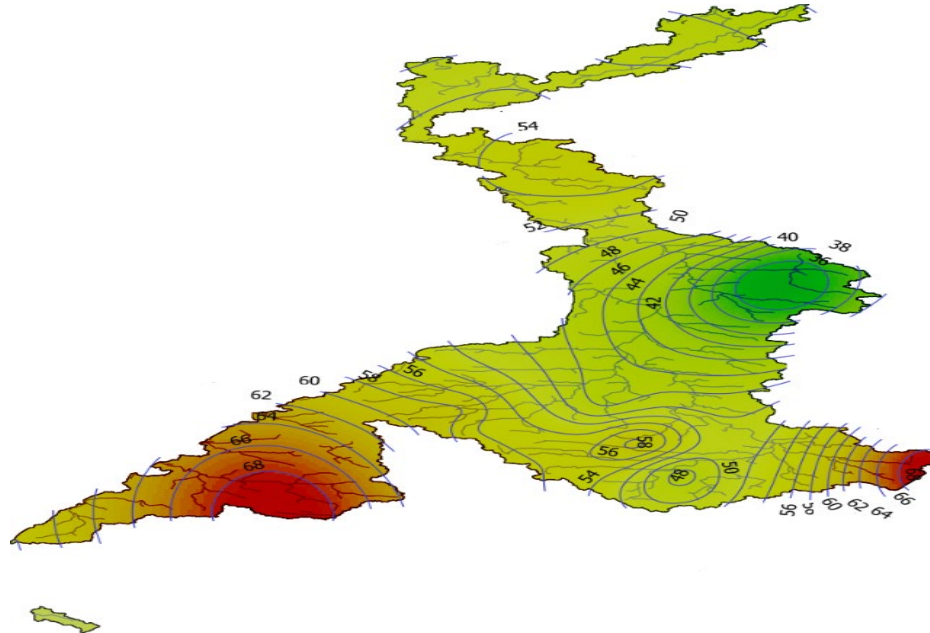


Рисунок 2.44 - Карта ізолій шарів стоку весняних водопіль рідкісної імовірності перевищення  $Y_{1\%}(\bar{\sigma}=0)$ , мм для річок басейну р. Вісла

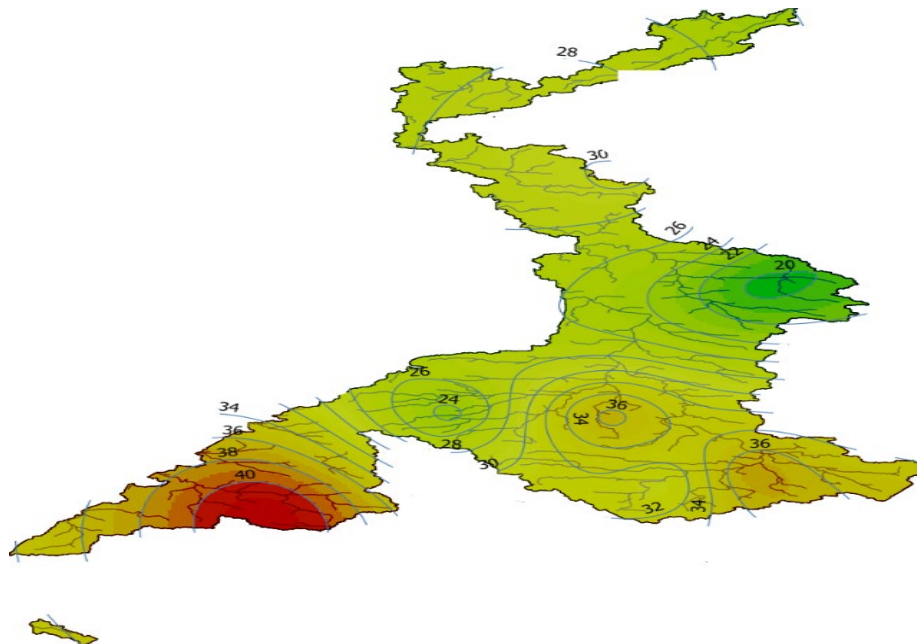


Рисунок 2.45 - Карта ізолій шарів стоку дощових паводків рідкісної імовірності перевищення  $Y_{1\%}(\bar{\sigma}=0)$ , мм для річок басейну р. Вісла

#### 2.5.4 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку весняного водопілля та дощових паводків басейну р. Вісла

Для об'єктивної оцінки точності обчислення максимальних витрат різної ймовірності перевищення ( $Q_{1\%}$ , м<sup>3</sup>/с) необхідно визначити їх середню квадратичну похибку. Середня квадратична похибка квантилів, визначених за допомогою три-параметричного гамма-розподілу, визначається по номограмах, які розробили С.Н.Крицький та М.Ф.Менкель [28]. Результати наводяться у таблицях 2.20 – 2.23.

Таблиця 2.20 – Розрахунки середньоквадратичних похибок максимальних витрат води весняного водопілля річок в басейні р.Вісла в межах України забезпеченістю  $P=1\%$  ( $C_s / C_v = 2,0$ )

№ з/п	Річка – пост	$Q_{1\%}$ м <sup>3</sup> /с	n, років	$C_v$	$E_\sigma$	$\Sigma q_{1\%}$
1	р.Вишня – с. Твіржа	123	61	0,76	1,02	16,1
2	р. Шкло – м. Яворів	37,3	17	0,82	1,04	9,41
3	р. Західний Буг – смт.Сасів	32,1	62	1,13	1,23	5,01
4	р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	230	67	0,64	0,95	26,7
5	р.Західний Буг – м. Сокаль	540	30	0,76	1,02	100
6	р.Золочевка – с.Золочевка	9,60	6	0,94	1,20	4,70
7	р.Західний Буг – с.Литовеж	356	36	0,65	0,95	56,4
8	р.Полтва – м. Буськ	121	68	0,61	0,90	13,2
9	руч. Каменка – м. Кам'янка-Бузька	23,8	15	0,53	0,82	5,04
10	р.Рата – с.Волиця	173	59	0,86	1,07	24,1
11	р.Рата – с. Межиріччя	242	59	0,86	1,07	33,7
12	р. Свиня – м. Жовква (м.Нестерів)	19,5	59	0,93	1,20	3,05
13	р. Желдець – с. Лугове	51,0	38	0,80	1,05	8,69
14	р. Солокія – м. Червоноград	89,0	51	0,91	1,10	13,7
15	р. Луга – м. Володимир-Волинський	104	48	1,10	1,30	19,5
16	р.Полтва – с.Пельтець	73,6	23	0,46	0,70	10,7
17	р.Холоївка – х.Бирок	7,39	13	0,64	0,95	1,95
<i>Середнє</i>						$\pm 20,7\%$

Таблиця 2.21 – Розрахунки середньоквадратичних похибок шарів стоку весняного водопілля річок в басейні р.Вісла в межах України забезпеченістю  $P=1\%$  ( $C_s / C_v = 1,5$ )

№ з/п	Річка – пост	$Y_{1\%}$ , мм	n, років	$C_v$	$E_\sigma$	$\Sigma y_{1\%}$
1	р.Вишня – с. Твіржа	152	61	0,70	0,99	19,3
2	р. Шкло – м. Яворів	72,8	17	0,56	0,85	15,0
3	р. Західний Буг – смт.Сасів	168	62	0,56	0,85	18,1
4	р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	125	67	0,54	0,84	12,8
5	р.Західний Буг – м. Сокаль	157	30	0,81	1,04	29,8
6	р.Золочевка – с.Золочевка	96,6	6	0,44	0,73	28,8
7	р.Західний Буг – с.Литовеж	111	36	0,62	0,93	17,2
8	р.Полтва – м. Буськ	113	68	0,53	0,84	11,5
9	струм.Кам'янка – м. Кам'янка-Бузька	140	15	0,64	0,95	34,3
10	р.Рата – с.Волиця	138	59	0,72	1,00	18,0
11	р.Рата – с. Межиріччя	132	59	0,72	1,00	17,2
12	р. Свиня – м. Жовква (м.Нестерів)	104	59	0,75	1,02	13,8
13	р. Желдець – с. Лугове	129	38	0,78	1,06	22,2
14	р. Солокія – м. Червоноград	128	51	0,78	1,06	19,0
15	р. Луга – м. Володимир-Волинський	80,8	48	0,67	0,96	11,2
16	р.Полтва – с.Пельтев	122	23	0,45	0,73	18,6
17	руч.Холоевка – х.Бирок	119	13	0,50	0,80	26,4
<i>Середнє <math>\pm 19,6\%</math></i>						

Таблиця 2.22 – Розрахунки середньоквадратичних похибок максимальних витрат води дощових паводків річок в басейні р.Вісла в межах України забезпеченістю  $P=1\%$  ( $C_s / C_v = 3,0$ )

№ з/п	Річка – пост	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	n, років	$C_v$	$E_\sigma$	$\Sigma q_{1\%}$
1	р.Вишня – с. Твіржа	115	56	0,82	1,13	17,4
2	р. Шкло – м. Яворів	35,4	17	0,78	1,10	9,44
3	р. Західний Буг – смт.Сасів	37,4	57	1,31	1,67	8,27
4	р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	205	63	0,82	1,19	30,7
5	р.Західний Буг – м. Сокаль	488	24	1,16	1,55	154
6	р.Золочевка – с.Золочевка	19,2	6	0,52	0,83	6,50
7	р.Західний Буг – с.Литовеж	286	36	0,70	1,08	51,5
8	р.Полтва – м. Буськ	101	64	0,69	1,08	13,6
9	струм.Кам'янка – м. Кам'янка-Бузька	27,3	11	1,00	1,38	11,4
10	р.Рата – с.Волиця	95,5	54	0,73	1,10	14,3
11	р.Рата – с. Межиріччя	167	54	0,92	1,28	29,1
12	р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів)	14,8	56	0,81	1,18	2,33

Продовження табл.2.22

13	р. Желдець - с. Лугове	48,0	27	1,06	1,40	12,9
14	р. Солокія - м. Червоноград	44,0	44	0,70	1,08	7,16
15	р. Луга - м. Володимир-Волинський	29,4	35	0,64	1,03	5,12
16	р.Полтва - с.Пельтев	81,9	17	0,88	1,24	24,6
<i>Середнє ±24,9%</i>						

Таблиця 2.23 – Розрахунки середньоквадратичних похибок шарів стоку дощових паводків річок в басейні р.Вісла в межах України забезпеченістю  $P=1\%$  ( $C_s / C_v = 2,5$ )

№ з/п	Річка – пост	$Y_{1\%}$ , мм	n, років	$C_v$	$E_\sigma$	$\sigma Q_{1\%}$
1	р.Вишня - с. Твіржа	74,0	56	0,89	1,24	12,3
2	р. Шкло - м. Яворів	64,0	17	0,99	1,38	21,4
3	р. Західний Буг - смт.Сасів	118	57	0,96	1,33	20,8
4	р. Західний Буг - м. Кам'янка-Бузька	73,0	63	0,81	1,15	10,6
5	р.Західний Буг - м. Сокаль	130	24	1,74	2,00	53,1
6	р.Золочевка - с.Золочевка	42,0	6	0,74	1,10	18,9
7	р.Західний Буг - с.Литовеж	59,0	36	0,88	1,24	12,2
8	р.Полтва - м. Буськ	58,0	64	0,76	1,11	8,05
9	струм.Кам'янка – м. Кам'янка-Бузька	119	11	1,42	1,68	60,3
10	р.Рата - с.Волиця	46,0	54	0,75	1,11	6,95
11	р.Рата - с. Межиріччя	53,0	54	0,82	1,19	8,58
12	р. Свиня - м. Жовква (м.Нестерів)	42,0	56	0,96	1,33	7,46
13	р. Желдець - с. Лугове	77,0	27	1,14	1,52	22,5
14	р. Солокія - м. Червоноград	53,0	44	0,94	1,30	10,4
15	р. Луга - м. Володимир-Волинський	38,0	35	0,85	1,21	7,77
16	р.Полтва - с.Пельтев	54,0	17	0,91	1,25	16,4
<i>Середнє ±18,6%</i>						

Середньоквадратичні похибки 1%-их квантилів максимальних витрат води весняного водопілля у межах басейну р. Вісла в межах України складають 20,7%; середньоквадратичні похибки 1%-их квантилів шарів стоку весняного водопілля у межах басейну р. Вісла в межах України складають 19,6%; середньоквадратичні похибки 1%-их квантилів максимальних витрат води дощових паводків у межах басейну р. Вісла в межах України складають 24,9%; середньоквадратичні похибки 1%-их квантилів шарів стоку дощових паводків у межах басейну р. Вісла в межах України складають 18,6%. Такі досить великі похибки можна пояснити недостатньою тривалістю спостережень.

### 3 ПРОСТОРО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО МІНІМАЛЬНОМУ СТОКУ РІЧОК ЗОНИ НЕДОСТАТНЬОЇ ВОДНОСТІ УКРАЇНИ

Для аналізу мінімального стоку в зоні недостатньої водності України [1] використана гідрометеорологічна багаторічна інформація про мінімальні витрати води у період відкритого русла та зимовий період зі стійким льодовим покривом [2]. Тривалість спостережень (з перервами) на постах досліджуваної території досить різна і варіює від 16 до 101 року. Найдовший (і найбільш повний) ряд спостережень має гідрологічний пост Південний Буг – смт Олександрівка. Для всіх пунктів спостережень було зібрано дані по 2015 рік включно [3].

#### 3.1 Створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку зимової межени річок

Для створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку річок у період зимової межени використано дані по 69 гідрологічних постах з періодом спостережень від їх початку по 2015 р. включно, та діапазоном водозбірних площ від 145 км<sup>2</sup> (Кодима – с. Обжила) до 46200 км<sup>2</sup> (Південний Буг - смт Олександрівка) (табл. 3.1). У середньому довжина рядів спостережень за мінімальними витратами води у зимовий період зі стійким льодовим покривом в зоні недостатньої водності України становить 47 років, змінюючись від 7 до 100.

Проаналізувавши діапазон площ водозборів річок, на яких ведуться спостереження, можна зробити висновок, що згідно класифікації запропонованої А.І. Чеботарьовим [4], більша частина річок відноситься до малих річок – 47 із 69 тобто 68% та 22 із 69 (32%) відносяться до середніх річок.

Таблиця 3.1 - Список пунктів гідрологічних спостережень за мінімальними витратами води у зимовий період зі стійким льодовим покривом

№ з/п	Код поста	Річка-пункт	Площа водозборів, $F$ , км <sup>2</sup>	Для річок у період зимової межени	
				період спостережень	число років, $n$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	81459	Чага - с. Мирнопілля	1150	1985-91	7
2	81336	Тилігул - с. Новоукраїнка	810	1956-88	33
3	81338	Тилігул - с. Березівка	3170	1954-2000	47
4	81411	Кодима - с. Обжила	145	1947,1949-60, 1962-74, 1976-78,1980-88	38
5	81414	Кодима - с. Катеринка	2390	1931-41, 1945-60, 1962-2015	81
6	81437	Чорний Ташлик - с. Піщаний Брід	1830	1965-88	24
7	81438	Чорний Ташлик - с. Тарасівка	2230	1933-41,1943, 1945-47,1949-60, 1962-2015	79
8	81801	Південний Буг - смт Олександрівка	46200	1914-41, 1943-74, 1976-2015	100
9	81439	Мертвовід - с. Крива Пустош	252	1949-60, 1962, 1964-77	27
10	81444	Гнилий Єланець - с. Женево-Криворіжжя	1190	1936-41, 1945-47, 1949-60, 1962-88	48
11	81446	Інгул - м. Кіровоград	840	1945-47, 1949-54, 1956-74, 1976-79	32
12	81449	Інгул - с. Седнівка	4770	1955-60, 1963-2015	59
13	81450	Інгул - с. Новогорожене	6670	1931-41, 1944-47, 1949-60, 1962-2015	81
14	81454	Громоклія - с. Михайлівка	1410	1957-60, 1965-88	28



Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
15	80551	Базавлук - с. Катерино-Наталівка	1050	1951-56, 1958-86	35
16	80598	Оріль - с. Степанівка	627	1989-2015	27
17	80469	Оріль – с. Черноглазівка	1600	1956-77	22
18	80477	Берестова - м. Красноград	1050	1952-56, 1959-2008	55
19	80478	Орчик - с. Чернещина	1310	1958-2015	58
20	80473	Оріль - смт Царичанка	9100	1953-2015	63
21	80483	Самара - с. Коханівка	1430	1958-2015	58
22	80493	Бик - с. Самарське (Іванівка)	1130	1955-75	21
23	80494	Велика Тернівка - с. Богданівка	924	1938-39, 1957-2015	61
24	80496	Вовча - х. Артемівський	120	1962-88	27
25	80513	Мокрі Яли - х. Грушівський	2660	1937-41, 1952-55, 1957-62, 1964-2015	67
26	80516	Солона - с. Новопавлівка	680	1959, 1961-62, 1964-2015	55
27	80503	Вовча - смт Покровське	7150	1968-84	17
28	80518	Гайчур - с. Андріївка	2100	1937-41, 1951-52, 1955-2015	68
29	80505	Вовча - смт Васильківка	11600	1930-41, 1946-52	19
30	80523	Середня Терса - х. Роздолля	269	1946, 1948-50, 1952-75	28
31	80522	Мала Терса - с. Троїцьке	750	1958-2015	58
32	80486	Самара - с. Кочеріжки	19800	1939-41, 1953-62, 1964-2015	65
33	80524	Кільчень - с. Олександрівка Перша	376	1959-2015	57
34	80527	Мокра Сура - смт Кринички	389	1959-2015	57
35	80530	Кінська - м. Пологи	353	1953-2015	63
36	78291	Сіверський Донець - с. Протопопівка	19400	1969-2015	47
37	78293	Сіверський Донець - м. Ізюм	22600	1953-65, 1967-2015	62
38	78413	Казенний Горець - смт Райське	936	1954-55, 1957, 1959-2015	60

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
39	78427	Сухий Торець - смт Черкаське	1310	1959-69, 1971-2015	56
40	78436	Жеребець - с. Торське	857	1959, 1961-2015	56
41	78434	Бахмут - м. Сіверськ	1560	1959, 1961-2015	56
42	78439	Красна - с. Червонопопівка	2540	1957-2015	59
43	78443	Айдар - смт Білолуцьк	2250	1950-2015	66
44	78445	Айдар - с. Новоселівка	6370	1951-2015	65
45	78446	Айдар - с. Бахмутівка	7160	1960-61, 1964-88	27
46	78450	Євсуг - смт Петрівка	784	1964-2015	52
47	78453	Лугань - с. Калинове (пос. Долиновське)	751	1950-2014	65
48	78456	Лугань - м. Зимогір'я	1820	1965-2014	50
49	78458	р. Лугань - м. Луганськ	3510	1962-2014	53
50	78470	Луганчик - смт Білосвітлівка	558	1956-72	17
51	78474	Деркул - х. Юганів	5090	1959, 1961, 1967-88	24
52	78484	Велика Кам'янка – с. Верхньогерасимівка	1450	1942, 1945-46, 1956-2002	50
53	83066	Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка	224	1964-88	25
54	83478	Нагольна - с. Дякове	780	1983-2014	32
55	83083	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	272	1952-2014	63
56	83040	Мокра Волноваха – с. Миколаївка	194	1947-49, 1955-2015	64
57	83036	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	1928-30, 1932-41, 1951-69	32
58	83049	б.Полкова - с. Кременівка	63	1958-75	18
59	83045	Кальчик - с.Кременівка	469	1958-2015	58
60	83052	Калець - х. Перемога	164	1961-75	15
61	83026	Берда - с. Захарівка	718	1963-2015	53
62	83027	Берда - с.Осипенко	1620	1916-18, 1927-30, 1934-40, 1951-2015	79

## Продовження таблиці 3.1

63	83023	Кільтиччя - с. Новотроїцьке	398	1949-51, 1953-88	39
64	83020	Обитічна - с. Шевченко	390	1954-88	35
65	83022	Обитічна - м. Приморськ	1300	1938-40, 1950-2015	69
66	83019	Лозуватка - с. Новоолексіївка	331	1953, 1955-2015	62
67	83016	Корсак - с. Аннівка	194	1955-56, 1959-72	16
68	83006	Молочна - с. Токмак	760	1950-80	31
69	83012	Молочна - с. Терпіння	2780	1957-2004	48

Відповідно до типології розміру, заснованої на площі водозбірного басейну [5] досліджувані річки розподіляються так: малі річки – 1 із 69 тобто 1,4%, середні – 30 із 69 (43,4%), великі – 33 із 69 (48%) та до дуже великих річок відноситься 5 із 69 тобто 7,2%.

### 3.2 Створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку літньо-осінньої межені річок

Аналогічно для створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку літньо-осінньої межені річок також використано дані по 69 гідрологічних постах (табл. 3.2).

Тривалість спостережень (з перервами) на постах досліджуваної території у період літньо-осінньої межені досить різна, у середньому складає 49 років і варіюється від 8 до 101 років. Найдовший (і найбільш повний) ряд спостережень має гідрологічний пост р.Південний Буг – смт Олександрівка, найменший – р.Чага – с. Мирнопілля.

Таблиця 3.2 - Список пунктів гідрологічних спостережень за мінімальними витратами води у літньо-осінній період відкритого русла

№ з/п	Код поста	Річка-пункт	Площа водозборів, $F$ , км <sup>2</sup>	Для річок у період літньо-осінньої межені	
				період спостережень	число років, $n$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	81459	Чага - с. Мирнопілля	1150	1984-91	8
2	81336	Тилігул - с. Новоукраїнка	810	1955-87	33
3	81338	Тилігул - с. Березівка	3170	1953-2000	48
4	81411	Кодима - с. Обжила	145	1946-88	43
5	81414	Кодима - с. Катеринка	2390	1931-40, 1944-2015	82
6	81437	Чорний Ташлик - с. Піщаний Брід	1830	1964-87	24
7	81438	Чорний Ташлик - с. Тарасівка	2230	1933-40, 1942-43, 1945-2015	81
8	81801	Південний Буг - смт Олександрівка	46200	1914-40, 1942-2015	101
9	81439	Мертвовід - с. Крива Пустош	252	1948-77	30
10	81444	Гнилий Єланець - с. Женево-Криворіжжя	1190	1936-40, 1944-87	49
11	81446	Інгул - м. Кіровоград	840	1945-80	36
12	81449	Інгул - с. Седнівка	4770	1955-60, 1963-2015	60
13	81450	Інгул - с. Новогорожене	6670	1931-40, 1943-2015	83
14	81454	Громоклія - с. Михайлівка	1410	1957-60, 1965-88	28
15	80551	Базавлук - с. Катерино-Наталівка	1050	1951-85	35
16	80598	Оріль - с. Степанівка	627	1988-2015	28
17	80469	Оріль - с. Черноглазівка	1600	1955-77	23
18	80477	Берестова - м. Красноград	1050	1951-2008	58
19	80478	Орчик - с. Чернещина	1310	1957-2015	59
20	80473	Оріль - смт Царичанка	9100	1952-2015	64
21	80483	Самара - с. Коханівка	1430	1957-2015	59

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
22	80493	Бик - с. Самарське (Іванівка)	1130	1955-74	20
23	80494	Велика Тернівка - с. Богданівка	924	1940, 1956- 2015	61
24	80496	Вовча - х. Артемівський	120	1961-87	27
25	80513	Мокрі Яли - х. Грушівський	2660	1936-40, 1952-2015	69
26	80516	Солонна - с. Новопавлівка	680	1956-2015	60
27	80503	Вовча - смт Покровське	7150	1968-83	16
28	80518	Гайчур - с. Андріївка	2100	1936-40, 1950- 2015	71
29	80505	Вовча - смт Васильківка	11600	1929-40, 1945- 52	20
30	80523	Середня Терса - х. Роздолля	269	1946-74	29
31	80522	Мала Терса - с. Троїцьке	750	1957-2015	59
32	80486	Самара - с. Кочеріжки	19800	1938-40, 1952- 2015	67
33	80524	Кільчень - с. Олександрівка Перша	376	1957-2015	59
34	80527	Мокра Сура - смт Кринички	389	1955-2015	61
35	80530	Кінська - м. Пологи	353	1952-2015	64
36	78291	Сіверський Донець - с. Протопопівка	19400	1969-2015	47
37	78293	Сіверський Донець - м. Ізюм	22600	1952-2015	64
38	78413	Казенний Торець - смт Райське	936	1953-2015	63
39	78427	Сухий Торець - смт Черкаське	1310	1958-68, 1970- 2015	57
40	78436	Жеребець - с. Торське	857	1957-2015	59
41	78434	Бахмут - м. Сіверськ	1560	1957-2015	59
42	78439	Красна - с. Червонопопівка	2540	1948, 1956- 2015	61
43	78443	Айдар - смт Білолуцьк	2250	1949-2015	67
44	78445	Айдар - с. Новоселівка	6370	1950-2015	66
45	78446	Айдар - с. Бахмутівка	7160	1960, 1963-87	26

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
46	78450	Євсуг - смт Петрівка	784	1963-2015	53
47	78453	Лугань - с. Калинове (пос. Долиновське)	751	1938, 1941, 1949-2013	67
48	78456	Лугань - м. Зимогір'я	1820	1964-2014	51
49	78458	р. Лугань - м. Луганськ	3510	1959, 1961- 2014	55
50	78470	Луганчик - смт Білосвітлівка	558	1955-72	18
51	78474	Деркул - х. Юганів	5090	1959-60, 1966- 87	24
52	78484	Велика Кам'янка – с. Верхньогерасимівка	1450	1940-41, 1944- 46, 1955-2002	53
53	83066	Кріпенька - х. Чугуно- Крепинка	224	1963-87	25
54	83478	Нагольна - с. Дякове	780	1983-2014	32
55	83083	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	272	1946-47, 1951- 2014	66
56	83040	Мокра Волноваха – с. Миколаївка	194	1946-49, 1954- 2015	66
57	83036	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	1928-40, 1950- 69	33
58	83049	б.Полкова - с. Кременівка	63	1958-74	17
59	83045	Кальчик - с.Кременівка	469	1958-2015	58
60	83052	Калець - х. Перемога	164	1960-75	16
61	83026	Берда - с. Захарівка	718	1963-2015	53
62	83027	Берда - с.Осипенко	1620	1915-18, 1926- 30, 1933-40, 1950-2015	83
63	83023	Кільтиччя - с. Новотроїцьке	398	1949-51, 1953- 87	38
64	83020	Обитічна - с. Шевченко	390	1954-87	34
65	83022	Обитічна - м. Приморськ	1300	1938-40, 1951- 53, 1955-2015	67
66	83019	Лозуватка - с. Новоолексіївка	331	1953, 1955- 2015	62
67	83016	Корсак - с. Аннівка	194	1955, 1957-70	15
68	83006	Молочна - с. Токмак	760	1950-80	31
69	83012	Молочна - с. Терпіння	2780	1957-2004	48

### 3.3 Визначення статистичних характеристик мінімального стоку зимової межени річок зони недостатньої водності України

Для статистичної обробки характеристик часових рядів мінімальних 30-добових витрат використані багаторічні дані по 69 гідрологічних постах за зимовий період в зоні недостатньої водності України.

За розрахунковий взято період з початку спостережень по 2015 р. включно. Для визначення статистичних параметрів використано метод моментів та найбільшої правдоподібності (табл.3.3) [6].

Аналіз статистичних характеристик часових рядів 30-добових мінімальних витрат води за зимовий період зі стійким льодоставом в зоні недостатньої водності, показує, що вони змінюються в широкому діапазоні. Так, коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом моментів, змінюються від 0,36 (р.Сіверський Донець – с. Протопопівка) до 3,39 (р.Тилігул – с. Березівка).

Коефіцієнти асиметрії  $C_s$  коливаються в межах від -0,63 (р.Чага – с. Мирнопілля) до 4,04 (р.Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя). Співвідношення  $C_v/C_s$  на досліджуваній території змінюється від -0,9 (р.Чага – с. Мирнопілля) до 4,0 (р.Нагольна – с. Дякове).

Статистичні характеристики розраховані за допомогою методу найбільшої правдоподібності змінюються практично в тих самих межах. Коефіцієнт  $C_v$  від 0,36 (Сіверський Донець – с. Протопопівка) до 3,78 (р.Тилігул – с. Березівка), коефіцієнт  $C_s$  0,39 (р.Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка), співвідношення  $C_v/C_s$  - 0,6 (р.Корсак – с. Аннівка) – 5,9 (р.Бик – с. Самарське (Іванівка)).

Середнє значення співвідношення  $C_v/C_s$  розраховане за допомогою методу моментів дорівнює 1,9, а за допомогою методу найбільшої правдоподібності дорівнює 2,3.

В подальших розрахунках, враховуючи той факт, що значення  $C_v$  практично для всіх рядів перевищують 0,5, згідно нормативного документу рекомендується використовувати метод найбільшої правдоподібності [7], а співвідношення  $C_v/C_s$  осереднити на рівні 2,5.



Таблиця 3.3 - Статистичні характеристики часових рядів 30-добових мінімальних витрат води за зимовий період зі стійким льодоставом в зоні недостатньої водності

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	n, років	Q <sub>сер</sub> , м <sup>3</sup> /с	r(1)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
						C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>v</sub> / C <sub>s</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>v</sub> / C <sub>s</sub>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1	Чага-с.Мирнопілля	1150	7	0,1	-0,27	0,68	-0,63	-0,9	0,72	0,66	0,9
2	Тилігул-с.Новоукраїнка	810	33	0,3	0,24	0,93	1,86	2	0,97	2,57	2,7
3	Тилігул-с.Березівка	3170	47	0,2	-0,06	3,39	3,92	1,2	3,78	6,35	1,7
4	Кодима-с.Обжила	145	38	0,1	0,29	0,64	1,97	3,1	0,67	2,66	4
5	Кодима-с.Катеринка	2390	81	0,9	0,47	0,94	1,48	1,6	0,96	1,67	1,7
6	Чорний Ташлик-с.Піщаний Брід	1830	24	1,0	0,55	0,50	1,07	2,2	0,52	1,45	2,8
7	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	2230	79	1,4	0,64	0,64	0,61	0,9	0,65	0,65	1
8	Південний Буг-с.мт Олександрівка	46200	100	53,1	0,39	0,50	1,11	2,2	0,50	1,18	2,4
9	Мертвовід-с.Крива Пустош	252	27	0,1	0,15	0,77	1,71	2,2	0,79	2,32	2,9
10	Гнилий Єланець- с.Женево-Криворіжжя	1190	48	0,0	0,00	2,77	4,04	1,5	3,01	6,60	2,2
11	Інгул-м.Кіровоград	840	32	0,4	0,17	0,88	2,11	2,4	0,90	2,96	3,3
12	Інгул-с.Седнівка	4770	59	4,2	0,50	0,53	0,70	1,3	0,54	0,77	1,4
13	Інгул-с.Новогорожене	6670	81	2,9	0,58	0,80	1,39	1,7	0,81	1,56	1,9
14	Громоклія-с.Михайлівка	1410	28	0,4	0,09	1,87	3,60	1,9	2,02	6,91	3,4
15	Базавлук-с.Катерино-Наталівка	1050	35	0,2	0,13	1,15	2,10	1,8	1,19	2,87	2,4
16	Оріль-с.Степанівка	627	27	0,5	0,18	0,75	1,27	1,7	0,77	1,57	2

Продовження таблиці 3.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
17	Оріль-с.Чорноглазівка	1600	22	0,2	0,05	1,39	1,70	1,2	1,48	2,44	1,6
18	Берестова-м.Красноград	1050	55	0,7	0,11	0,89	1,46	1,6	0,90	1,65	1,8
19	Орчик-с.Чернещина	1310	58	0,9	0,27	0,74	1,31	1,8	0,75	1,49	2
20	Оріль-с-мт Царичанка	9100	63	5,3	0,42	0,89	1,61	1,8	0,92	1,91	2,1
21	Самара-с.Коханівка	1430	58	0,4	0,25	0,82	1,09	1,3	0,83	1,21	1,5
22	Бик-с.Самарське (Іванівка)	1130	21	0,3	0,11	0,87	2,93	3,4	0,96	5,67	5,9
23	Велика Тернівка-с.Богданівка	924	61	0,3	0,40	1,15	1,63	1,4	1,20	1,96	1,6
24	Вовча-х,Артемівський	120	27	0,1	-0,08	1,26	3,69	2,9	1,48	7,30	4,9
25	Мокрі Яли-х.Грушівський	2660	67	0,7	0,31	0,49	0,53	1,1	0,49	0,56	1,2
26	Солона-с.Новопавлівка	680	55	0,7	0,19	0,58	0,90	1,5	0,59	0,99	1,7
27	Вовча-с-мт Покровське	7150	17	2,3	0,40	0,62	0,90	1,5	0,67	1,31	1,9
28	Гайчур-с.Андріївка	2100	68	0,6	0,24	1,21	3,97	3,3	1,32	5,87	4,5
29	Вовча-с-мт Васильківка	11600	19	1,9	-0,18	0,47	1,37	2,9	0,47	1,89	4
30	Середня Терса-ж.Роздолля	269	28	0,0	0,34	1,11	1,12	1	1,17	1,39	1,2
31	Мала Терса-с.Троїцьке	750	58	0,2	0,18	0,80	0,91	1,1	0,81	0,96	1,2
32	Самара-с.Кочеріжки	19800	65	8,1	0,37	0,79	1,74	2,2	0,80	2,04	2,6
33	Кільчень-с.Олександрівка Перша	376	57	0,3	0,32	0,97	1,75	1,8	0,99	2,11	2,1
34	Мокра Сура-с-мт Кринички	389	57	0,1	0,23	1,63	2,46	1,5	1,70	3,24	1,9
35	Кінська-м.Пологи	353	63	0,4	0,46	0,56	0,39	0,7	0,57	0,43	0,8
36	Сіверський Донець- с.Протопопівка	19400	47	33,3	0,43	0,36	1,34	3,7	0,36	1,62	4,5

Продовження таблиці 3.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
37	Сіверський Донець-м.Ізюм	22600	62	33,9	0,61	0,56	1,43	2,5	0,57	1,67	2,9
38	Казенний Торець-сmt Райське	936	60	1,1	0,35	0,57	0,49	0,9	0,57	0,52	0,9
39	Сухий Торець-сmt Черкаське	1310	56	0,6	0,16	0,90	1,43	1,6	0,91	1,61	1,8
40	Жеребець-с.Торське	857	56	0,7	0,41	0,61	0,89	1,5	0,62	1,00	1,6
41	Бахмут-м.Сіверськ	1560	56	2,4	0,53	0,37	0,58	1,6	0,37	0,64	1,7
42	Красна-с.Червонопопівка	2540	59	1,8	0,47	0,69	1,11	1,6	0,70	1,27	1,8
43	Айдар-сmt Білолуцьк	2250	66	2,0	0,53	0,74	1,20	1,6	0,75	1,36	1,8
44	Айдар-с.Новоселівка	6370	65	4,8	0,42	0,71	1,30	1,8	0,73	1,48	2
45	Айдар-с.Бахмутівка	7160	27	5,3	0,13	0,60	1,08	1,8	0,61	1,27	2,1
46	Євсуг-сmt Петрівка	784	52	0,5	0,18	0,83	2,12	2,6	0,86	2,65	3,1
47	Лугань-с.Калинове (сел.Долиновське)	751	65	1,0	0,36	0,65	1,00	1,5	0,66	1,09	1,6
48	Лугань-м.Зимогір'я	1820	50	5,1	0,33	0,43	1,29	3	0,44	1,49	3,4
49	Лугань – м.Луганськ	3510	53	7,7	0,50	0,43	1,20	2,8	0,43	1,41	3,2
50	Луганчик-сmt Білосвітлівка	558	17	0,1	0,17	1,11	0,97	0,9	1,18	1,22	1
51	Деркул-х.Юганів	5090	24	3,2	-0,25	0,52	0,97	1,9	0,53	1,14	2,2
52	Велика Кам'янка- с.Верхньогерасимівка	1450	50	2,4	0,35	0,84	1,82	2,2	0,85	2,27	2,7
53	Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка	224	25	0,7	0,14	0,39	0,34	0,9	0,39	0,39	1
54	Нагольна-с. Дякове	780	32	1,2	0,22	0,74	2,96	4	0,90	4,97	5,5
55	Вільхова - сmt Олексієво- Орловка	272	63	0,9	0,30	0,54	0,62	1,1	0,54	0,66	1,2

Продовження таблиці 3.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
56	Мокра Волноваха – с.Миколаївка	194	64	0,3	0,38	0,78	1,09	1,4	0,79	1,19	1,5
57	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	32	4,6	0,83	0,85	1,06	1,3	0,89	1,34	1,5
58	б,Полкова – с.Кременівка	63	18	0,1	0,02	0,47	1,15	2,5	0,47	1,51	3,2
59	Кальчик - с,Кременівка	469	58	0,7	0,26	0,42	1,42	3,4	0,43	1,63	3,8
60	Калець-х.Перемога	164	15	0,2	0,21	0,47	0,68	1,4	0,48	0,83	1,7
61	Берда - с.Захарівка	718	53	0,9	0,33	0,64	1,41	2,2	0,65	1,64	2,5
62	Берда -с.Осипенко	1620	79	1,3	0,30	0,85	2,08	2,5	0,86	2,46	2,9
63	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	398	39	0,4	0,36	0,53	0,80	1,5	0,54	0,90	1,7
64	Обитічна - с.Шевченко	390	35	0,5	0,44	0,63	0,82	1,3	0,65	0,98	1,5
65	Обитічна - м.Приморськ	1300	69	0,9	0,37	0,76	1,12	1,5	0,77	1,22	1,6
66	Лозуватка - с.Новоолексіївка	331	62	0,3	0,20	0,77	3,16	4,1	0,80	4,32	5,4
67	Корсак - с.Аннівка	194	16	0,3	0,12	0,70	0,35	0,5	0,72	0,43	0,6
68	Молочна - с.Токмак	760	31	0,7	0,30	0,70	1,16	1,7	0,71	1,43	2
69	Молочна - с.Терпіння	2780	48	1,0	0,08	1,02	2,99	2,9	1,07	4,28	4

3.4 Визначення статистичних характеристик мінімального стоку літньо-осінньої межні річок зони недостатньої водності України. Просторовий розподіл статистичних параметрів часових рядів мінімального стоку в межах суббасейнів.

Розраховані статистичні характеристики мінімального стоку у період літньо-осінньої межні представлено у таблиці 3.4.

Як видно з таблиці 3.4, статистичні характеристики часових рядів 30-добових мінімальних витрат води за літньо-осінній період зі стійким льодоставом в зоні недостатньої водності, також як й для періоду зимової межні, коливаються в досить значних межах. Коефіцієнт  $C_v$  розрахований за методом моментів коливається в межах від 0,27 (р.Сіверський Донець – с. Протопопівка) до 3,86 (р.Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя), коефіцієнт  $C_s$  від -0,12 (р.Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до 5,53 (р.Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя), співвідношення  $C_v/C_s$  змінюється від -0,3(р.Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до 4,2 (р.Нагольна – с. Дякове). Середнє значення  $C_v/C_s$  становить 1,5.

Значення статистичних характеристик розрахованих за методом найбільшої правдоподібності розраховані за період літньо-осінньої межні змінюються в такому діапазоні: коефіцієнт  $C_v$  від - 0,27 (р.Сіверський Донець – с. Протопопівка) до 4,37 (р.Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя),  $C_s$  від 0,01 (р.Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до 11,81 (р.Айдар – с. Бахмутівка). Співвідношення  $C_v/C_s$  коливається від 0,0 (р.Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до 5,9 (р.Нагольна – с. Дякове), середнє значення співвідношення  $C_v/C_s$  дорівнює 2,0.

З метою аналізу територіального розподілу статистичних характеристик мінімального стоку річок в періоди зимової та літньо-осінньої межні виконане їх осереднення в межах суббасейнів [8] на досліджуваній території.

Таблиця 3.4 - Статистичні характеристики часових рядів 30-добових мінімальних витрат води за літньо-осінній період зі стійким льодоставом в зоні недостатньої водності

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	n, років	Q <sub>сер</sub> , м <sup>3</sup> /с	r(1)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
						C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>v</sub> / C <sub>s</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>v</sub> / C <sub>s</sub>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1	Чага-с.Мирнопілля	1150	8	0,04	0,64	1,12	0,51	0,5	1,44	0,90	0,6
2	Тилігул-с.Новоукраїнка	810	33	0,1	0,73	1,11	1,12	1	1,19	1,41	1,2
3	Тилігул-с.Березівка	3170	48	0,0							
4	Кодима-с.Обжила	145	43	0,04	0,62	0,72	0,36	0,5	0,74	0,42	0,6
5	Кодима-с.Катеринка	2390	82	0,3	0,35	1,43	1,76	1,2	1,47	2,01	1,4
6	Чорний Ташлик-с.Піщаний Брід	1830	24	0,8	0,36	0,57	0,33	0,6	0,59	0,40	0,7
7	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	2230	81	0,7	0,64	0,75	0,98	1,3	0,77	1,06	1,4
8	Південний Буг-сmt Олександрівка	46200	101	32,3	0,46	0,49	0,97	2	0,50	1,04	2,1
9	Мертвовід-с.Крива Пустош	252	30	0,0	0,69	1,03	0,83	0,8	1,11	1,03	0,9
10	Гнилий Єланець- с.Женево-Криворіжжя	1190	49	0,0	0,07	3,86	5,53	1,4	4,37	10,55	2,4
11	Інгул-м.Кіровоград	840	36	0,2	0,53	0,73	1,58	2,2	0,76	2,12	2,8
12	Інгул-с.Седнівка	4770	60	2,1	0,54	0,50	0,69	1,4	0,51	0,75	1,5
13	Інгул-с.Новогорожене	6670	83	1,9	0,72	0,79	1,24	1,6	0,80	1,37	1,7
14	Громоклія-с.Михайлівка	1410	28	0,0	0,19	1,49	1,41	0,9	1,58	1,77	1,1

Продовження таблиці 3.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
15	Базавлук-с.Катерино-Наталівка	1050	35	0,0	0,52	1,27	1,60	1,3	1,36	2,16	1,6
16	Оріль-с.Степанівка	627	28	0,1	0,20	1,76	2,37	1,3	1,90	3,63	1,9
17	Оріль-с.Чорноглазівка	1600	23	0,1	0,20	3,37	4,34	1,3	4,15	10,65	2,6
18	Берестова-м.Красноград	1050	58	0,3	0,40	1,11	1,82	1,6	1,15	2,26	2,0
19	Орчик-с.Чернещина	1310	59	0,3	0,49	0,93	1,61	1,7	0,95	1,94	2,0
20	Оріль-с-мт Царичанка	9100	64	1,7	0,36	1,01	2,80	2,8	1,08	3,72	3,4
21	Самара-с.Коханівка	1430	59	0,1	0,36	1,32	1,34	1	1,37	1,52	1,1
22	Бик-с.Самарське (Іванівка)	1130	20	0,1	-0,34	1,26	1,55	1,2	1,34	2,22	1,7
23	Велика Тернівка-с.Богданівка	924	61	0,04	0,13	2,04	3,26	1,6	2,14	4,51	2,1
24	Вовча-х,Артемівський	120	27	0,04	0,47	0,60	0,38	0,6	0,63	0,47	0,7
25	Мокрі Яли-х.Грушівський	2660	69	0,2	0,65	1,12	1,44	1,3	1,16	1,66	1,4
26	Солона-с.Новопавлівка	680	60	0,1	0,39	1,22	1,83	1,5	1,25	2,20	1,8
27	Вовча-с-мт Покровське	7150	16	0,3	-0,13	1,75	2,47	1,4	1,98	4,93	2,5
28	Гайчур-с.Андріївка	2100	71	0,1	0,15	1,58	4,79	3	1,72	7,43	4,3
29	Вовча-с-мт Васильківка	11600	20	0,9	0,30	0,64	1,44	2,2	0,67	2,10	3,1
30	Середня Терса-ж.Роздолля	269	29	0,0	0,06	2,56	3,38	1,3	2,88	6,13	2,1
31	Мала Терса-с.Троїцьке	750	59	0,1	0,35	1,76	2,69	1,5	1,85	3,61	2,0
32	Самара-с.Кочеріжки	19800	67	2,6	0,71	0,98	2,29	2,3	1,01	2,90	2,9
33	Кільчень-с.Олександрівка Перша	376	59	0,1	0,39	1,61	3,69	2,3	1,68	5,53	3,3
34	Мокра Сура-с-мт Кринички	389	61	0,1	0,30	2,04	4,67	2,3	2,16	7,66	3,6

Продовження таблиці 3.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
35	Кінська-м.Пологи	353	64	0,2	0,62	0,67	0,55	0,8	0,69	0,60	0,9
36	Сіверський Донець-с.Протопопівка	19400	47	22,5	0,49	0,27	0,08	0,3	0,27	0,13	0,5
37	Сіверський Донець-м.Ізюм	22600	64	23,6	0,75	0,46	0,32	0,7	0,47	0,36	0,8
38	Казенний Торець-сmt Райське	936	63	0,4	0,51	0,77	1,44	1,9	0,78	1,69	2,1
39	Сухий Торець-сmt Черкаське	1310	57	0,2	0,43	0,93	1,96	2,1	0,96	2,48	2,6
40	Жеребець-с.Торське	857	59	0,4	0,61	0,74	0,58	0,8	0,76	0,63	0,8
41	Бахмут-м.Сіверськ	1560	59	1,5	0,76	0,48	0,65	1,4	0,48	0,72	1,5
42	Красна-с.Червонопопівка	2540	61	1,3	0,67	0,72	0,64	0,9	0,74	0,70	0,9
43	Айдар-сmt Білолуцьк	2250	67	1,3	0,71	0,76	1,95	2,6	0,80	2,38	3,0
44	Айдар-с.Новоселівка	6370	66	3,5	0,76	0,84	1,73	2,1	0,86	2,08	2,4
45	Айдар-с.Бахмутівка	7160	26	4,8	-0,07	2,12	4,89	2,3	2,34	11,81	5,0
46	Євсуг-сmt Петрівка	784	53	0,2	0,40	1,15	1,73	1,5	1,20	2,16	1,8
47	Лугань-с.Калинове (сел.Долиновське)	751	67	0,4	0,30	0,63	0,62	1	0,64	0,66	1,0
48	Лугань-м.Зимогир'я	1820	51	3,4	0,52	0,36	0,23	0,6	0,36	0,28	0,8
49	Лугань – м.Луганськ	3510	55	4,5	0,43	0,53	1,69	3,2	0,54	2,08	3,9
50	Луганчик-сmt Білосвітлівка	558	18	0,0	0,22	1,45	1,33	0,9	1,62	1,96	1,2
51	Деркул-х.Юганів	5090	24	1,2	0,26	0,51	0,70	1,4	0,52	0,83	1,6
52	Велика Кам'янка-с.Верхньогерасимівка	1450	53	1,5	0,37	0,63	0,96	1,5	0,64	1,06	1,7



## Продовження таблиці 3.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
53	Кріпенька - х,Чугуно-Крепинка	224	25	0,6	0,39	0,40	-0,12	-0,3	0,41	0,01	0,0
54	Нагольна-с. Дякове	780	32	0,8	0,26	0,67	2,81	4,2	0,78	4,60	5,9
55	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	272	66	0,6	0,69	0,61	0,38	0,6	0,62	0,42	0,7
56	Мокра Волноваха – с.Миколаївка	194	66	0,1	0,62	0,79	1,47	1,9	0,80	1,71	2,1
57	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	33	2,5	0,71	0,99	1,39	1,4	1,05	1,84	1,8
58	б,Полкова – с.Кременівка	63	17	0,1	0,33	0,32	0,41	1,3	0,33	0,52	1,6
59	Кальчик - с,Кременівка	469	58	0,4	0,31	0,60	2,13	3,6	0,63	2,67	4,3
60	Калець-х.Перемога	164	16	0,1	0,47	0,64	1,39	2,2	0,70	2,33	3,3
61	Берда - с.Захарівка	718	53	0,4	0,38	0,91	1,79	2	0,93	2,19	2,4
62	Берда -с.Осипенко	1620	83	0,7	0,63	0,73	2,45	3,4	0,76	3,03	4,0
63	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	398	38	0,2	0,64	0,52	0,57	1,1	0,54	0,66	1,2
64	Обитічна - с. Шевченко	390	34	0,2	0,46	0,81	0,95	1,2	0,85	1,16	1,4
65	Обитічна - м.Приморськ	1300	67	0,3	0,50	0,84	1,06	1,3	0,87	1,18	1,4
66	Лозуватка - с.Новоолексіївка	331	62	0,1	0,46	0,52	0,29	0,6	0,53	0,33	0,6
67	Корсак - с.Аннівка	194	15	0,1	0,69	0,96	0,85	0,9	1,09	1,27	1,2
68	Молочна - с.Токмак	760	31	0,3	0,61	0,55	0,64	1,2	0,57	0,76	1,3
69	Молочна - с.Терпіння	2780	48	0,2	0,21	1,24	2,26	1,8	1,28	3,02	2,4

В період зимової межени (табл.3.5) для річок Причорномор'я характерним є практична відсутність автокореляції в часових рядах, але водночас значна мінливість стоку з середнім значенням коефіцієнту варіації на рівні 1,67-1,82 при максимальних його значеннях 3,39-3,78. Мінімальні значення коефіцієнтів варіації становлять 0,68-0,72, а середнє співвідношення  $C_s/C_v$  за методом найбільшої правдоподібності становить 1,77.

Для річок в межах суббасейну Південного Бугу вже добре виражена автокореляція (на рівні 0,35) та дещо зменшуються коефіцієнти варіації – середні значення коливаються на рівні 0,98-1,03. З іншого боку, співвідношення  $C_s/C_v$  збільшується й досягає 1,91-2,45. Максимальні та мінімальні значення досліджуваних параметрів несуттєво відрізняються від річок Причорномор'я.

Для суббасейну Дніпра в межах зони недостатньої водності статистичні характеристики рядів зимової межени дещо зменшуються за абсолютними значеннями: середнє значення коефіцієнта автокореляції становить 0,22, а діапазон коливань мінливості стоку зменшується до 0,91-0,95, а співвідношення  $C_s/C_v$  до 1,79-2,33. У порівнянні з попередніми суббасейнами суттєво зменшуються максимальні значення коефіцієнтів варіації, які досягають тільки 1,63-1,70, та продовжується зменшення мінімальних значень цього параметру, водночас максимальні значення  $C_v/C_s$  значно підвищуються й досягають вже значень 3,4-5,9.

По мірі просування на схід досліджуваної території, в суббасейні Дону, продовжується суттєве зменшення коефіцієнтів варіації – до 0,64-0,65, однак спостерігається незначне збільшення співвідношення  $C_s/C_v$  - на рівні 1,97-2,25. З іншого боку, автокореляція часових рядів тут підвищується й середнє значення відповідного коефіцієнту становить вже 0,33 та практично досягає значення, яке отримане для річок суббасейну Південного Бугу. Граничні значення мінливості мінімального зимового стоку в суббасейні Дону значно нижче у порівнянні з усіма попередніми.

Таблиця 3.5 - Характерні величини параметрів  $C_v$ ,  $C_s$  і  $C_s/C_v$  часових рядів мінімальних витрат у період зимової межени в зоні недостатньої водності України

№	Басейн	Характерні величини	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності		
			$r(1)$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	Річок Причорномор'я	Середн.	<b>-0,03</b>	<b>1,67</b>	<b>1,72</b>	<b>0,77</b>	<b>1,82</b>	<b>3,19</b>	<b>1,77</b>
		Мінім.		0,68	-0,63	-0,9	0,72	0,66	0,9
		Макс.		3,39	3,92	2	3,78	6,35	2,7
2	Південний Буг	Середн.	<b>0,35</b>	<b>0,98</b>	<b>1,80</b>	<b>1,91</b>	<b>1,03</b>	<b>2,61</b>	<b>2,45</b>
		Мінім.		0,50	0,61	0,9	0,50	0,65	1,0
		Макс.		2,77	4,04	3,1	3,01	6,91	4,0
3	Басейн Дніпра	Середн.	<b>0,22</b>	<b>0,91</b>	<b>1,66</b>	<b>1,79</b>	<b>0,95</b>	<b>2,33</b>	<b>2,33</b>
		Мінім.		0,47	0,39	0,7	0,47	0,43	0,8
		Макс.		1,63	3,97	3,4	1,70	7,30	5,9
4	Басейн Дону	Середн.	<b>0,33</b>	<b>0,64</b>	<b>1,19</b>	<b>1,97</b>	<b>0,65</b>	<b>1,39</b>	<b>2,25</b>
		Мінім.		0,36	0,49	0,9	0,36	0,52	0,9
		Макс.		1,11	2,12	3,7	1,18	2,65	4,5
5	Річок Приазов'я	Середн.	<b>0,29</b>	<b>0,66</b>	<b>1,36</b>	<b>2,01</b>	<b>0,69</b>	<b>1,78</b>	<b>2,45</b>
		Мінім.		0,39	0,34	0,5	0,39	0,39	0,6
		Макс.		1,02	3,16	4,1	1,07	4,97	5,5

Статистичні параметри в суббасейні річок *Приазов'я* не суттєво відрізняються від аналогічних характеристик суббасейні *Дону*, але середні значення дещо вище при не значному зниженні коефіцієнта автокореляції.

В графічному виді територіальній розподіл середніх значень статистичних характеристик по суббасейнам представлений на рис.3.1.

На відміну від зимової межени у період літньо-осінньої межени (табл.3.6) на *річках Причорномор'я* спостерігається високий коефіцієнт автокореляції (0,68), максимальне значення коефіцієнту варіації ( $C_v$ ) коливається на рівні 1,12-1,44, мінімальне – на рівні 1,11-1,19.

Середнє співвідношення  $C_s/C_v$  за методом найбільшої правдоподібності становить 0,90.

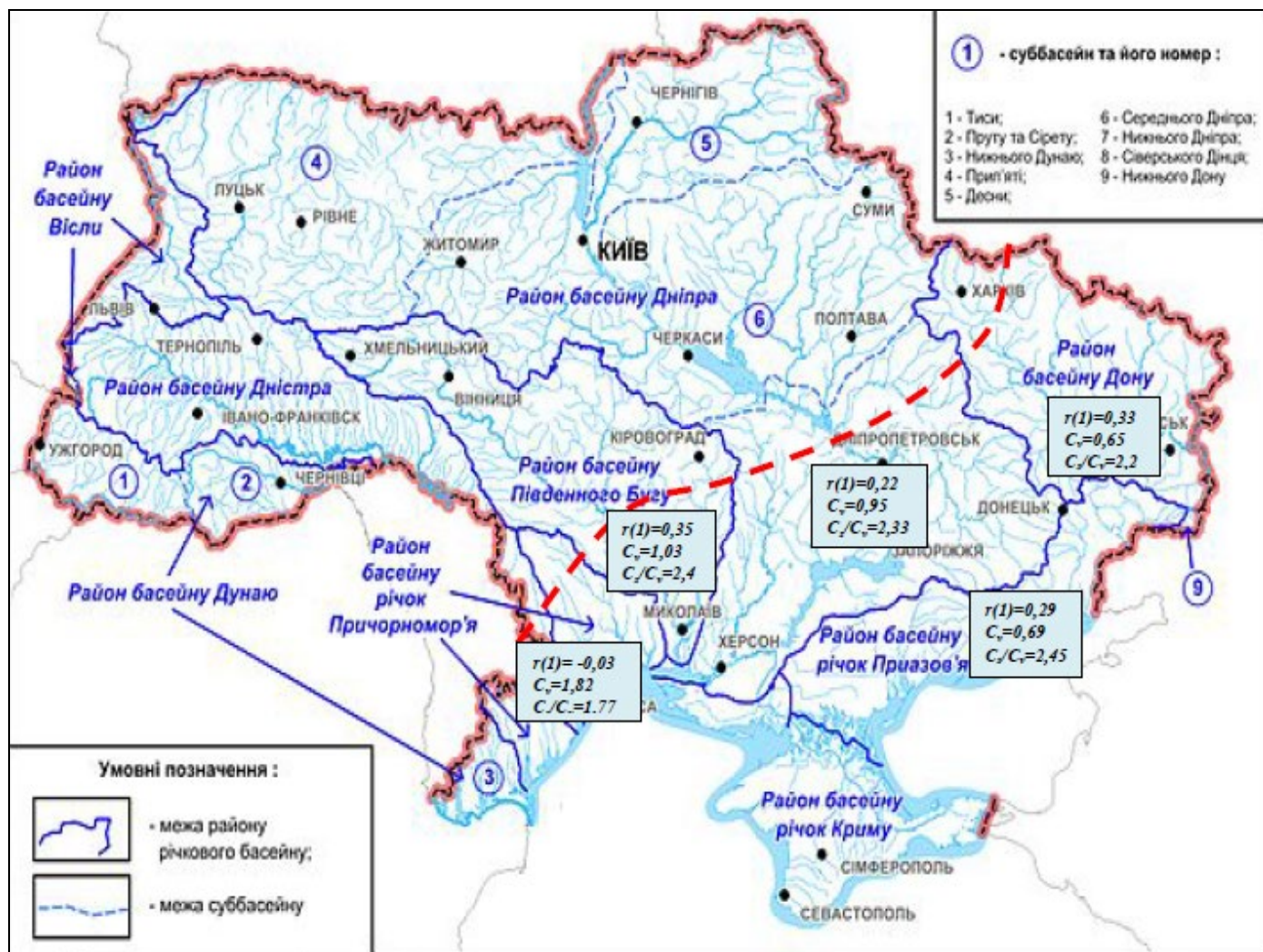


Рисунок 3.1 – Розподіл статистичних параметрів часових рядів мінімальних витрат у період зимової межени по суббасейнах головних річок [8] в межах зони недостатньої водності України

В межах суббасейну *Південного Бугу* максимальні значення коефіцієнту варіації змінюються від 3,86 до 4,37, мінімальні значення коливаються на рівні 0,49-0,50, що суттєво відрізняється від річок Причорномор'я. Середнє співвідношення  $C_s/C_v$  також збільшується 1,26-1,51. Однак дещо зменшується коефіцієнт автокореляції (на рівні 0,47).

Мінімальні значення  $C_v$  в межах суббасейну *Дніпра* продовжують збільшуватися (0,60-0,63) та збільшується середнє співвідношення  $C_s/C_v$  (1,63-2,24), у порівнянні з суббасейном *Південного Бугу*. З іншого боку, зменшується середнє значення коефіцієнта автокореляції (0,31) та максимальне значення коефіцієнту варіації (3,37-4,15).

Для суббасейну *Дону* в межах досліджуваної території коефіцієнт автокореляції знову підвищується і становить 0,48, що майже співпадає зі значенням, яке спостерігається в суббасейні *Південного Бугу*. Щодо інших статистичних параметрів ( $C_v$ ,  $C_s/C_v$ ) то їхні максимальні та мінімальні значення у порівнянні з попередніми суббасейнами *Південного Бугу* та *Дніпра* продовжують зменшуватися.

Порівнюючи з попередніми суббасейнами в межах суббасейну річок *Приазов'я* спостерігається незначне збільшення коефіцієнта автокореляції на рівні 0,49, мінімального значення коефіцієнта варіації до 0,32-0,33 та середнього співвідношення  $C_s/C_v$  за методом моментів до 2,09, але зменшується максимальне значення коефіцієнту варіації до 1,24-1,28.

В графічному виді територіальній розподіл середніх значень статистичних характеристик параметрів часових рядів мінімальних витрат у період літньо-осінньої межени по суббасейнах головних річок в межах зони недостатньої водності України представлений на рис.3.2.

Таблиця 3.6 - Характерні величини параметрів  $C_v$ ,  $C_s$  і  $C_s/C_v$  часових рядів мінімальних витрат у період літньо-осінньої межени в зоні недостатньої водності України

№	Басейн	Характерні величини	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності		
			$r(1)$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	Річок Причорномор'я	Середн.	<b>0,68</b>	<b>1,12</b>	<b>0,81</b>	<b>0,75</b>	<b>1,31</b>	<b>1,16</b>	<b>0,90</b>
		Мінім.		1,11	0,51	0,5	1,19	0,90	0,6
		Макс.		1,12	1,12	1	1,44	1,41	1,2
2	Південний Буг	Середн.	<b>0,47</b>	<b>1,12</b>	<b>1,42</b>	<b>1,26</b>	<b>1,20</b>	<b>2,05</b>	<b>1,51</b>
		Мінім.		0,49	0,33	0,5	0,50	0,40	0,6
		Макс.		3,86	5,53	2,2	4,37	10,55	2,8
3	Басейн Дніпра	Середн.	<b>0,31</b>	<b>1,46</b>	<b>2,39</b>	<b>1,63</b>	<b>1,58</b>	<b>3,71</b>	<b>2,24</b>
		Мінім.		0,60	0,38	0,6	0,63	0,47	0,7
		Макс.		3,37	4,79	3	4,15	10,65	4,3
4	Басейн Дону	Середн.	<b>0,48</b>	<b>0,79</b>	<b>1,26</b>	<b>1,48</b>	<b>0,82</b>	<b>1,88</b>	<b>1,86</b>
		Мінім.		0,27	0,08	0,3	0,27	0,13	0,5
		Макс.		2,12	4,89	3,2	2,34	11,81	5,0
5	Річок Приазов'я	Середн.	<b>0,49</b>	<b>0,71</b>	<b>1,22</b>	<b>1,67</b>	<b>0,75</b>	<b>1,63</b>	<b>2,09</b>
		Мінім.		0,32	-0,12	-0,3	0,33	0,01	0,0
		Макс.		1,24	2,81	4,2	1,28	4,60	5,9

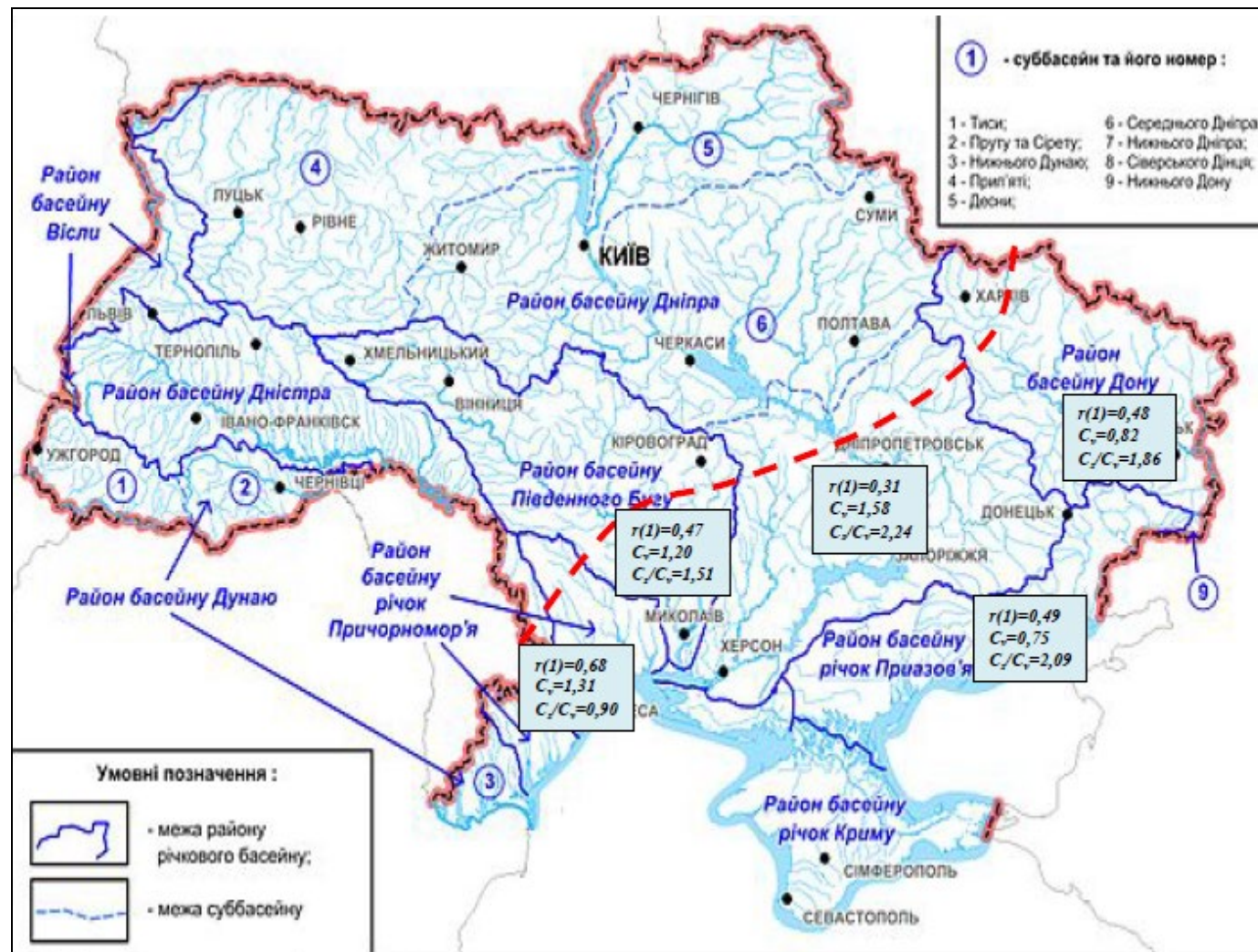


Рисунок 3.2 – Розподіл статистичних параметрів часових рядів мінімальних витрат у період літньо-осінньої межени по суббасейнах головних річок [8] в межах зони недостатньої водності України.

#### 4 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО РІЧНОМУ СТОКУ В ОКРЕМИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНІВ РІЧОК СТИР, ГОРИНЬ ТА СЛУЧ)

При дослідженнях річного стоку вводиться таке поняття як норма, яка є однією з основних характеристик водних ресурсів річок [1]. Розрахунки норми річного стоку ведуться при наявності спостережень за стоком, при коротких рядах спостережень та за відсутності систематичних вимірювань стоку [2].

При наявності спостережень слід розрахувати головні статистичні параметри річного стоку такі, як середнє значення ряду, коефіцієнт варіації та коефіцієнт асиметрії ( $\bar{q}$ ,  $C_v$ ,  $C_s$ ). Ці параметри описують властивості кривих розподілу (біноміального розподілу Пірсона III типу, трипараметричного розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля). Така задача вирішується за методом моментів і методом найбільшої правдоподібності [3]. Після виконаних розрахунків слід обчислити приблизні значення статистичних параметрів. Мірою точності є середня квадратична похибка.

Для оцінки статистичних параметрів стоку невивчених, з точки зору вимірювань стоку, водозборів будуються карти ізолій стоку чи здійснюється районування [4]. Просторове узагальнення характеристик річного стоку річок України [4] виконується методом географо-гідрологічних узагальнень, який використовують при недостатній гідрологічній вивченості досліджуваного водозбору або за відсутності даних спостережень. Географо-гідрологічні дослідження спрямовані на характеристику осереднених на різному просторово-часовому рівні умов формування стоку. Беруться дані інших водозборів, на які розповсюджуються умови схожості особливостей формування стоку і підстильної поверхні [4].

Для врахування чинників підстильної поверхні будуються емпіричні залежності, які зв'язують характеристики річного стоку з кількісними



показниками цих чинників. Чинники стоку поділяються на зональні, азональні і інтразональні. Зональні чинники зв'язані з кліматом і обумовлюють плавні і безперервні зміни характеристик стоку, просторове узагальнення яких подається у вигляді карт ізоліній. Інтразональні та азональні чинники викликають дискретність просторового розподілу характеристик стоку, яка у просторовому узагальненні знаходить свій вираз у районуванні території, тобто виділення районів, в межах яких зональні відмінності малі, що дозволяє прийняти єдине значення розрахункового параметра або описати його єдиною розрахунковою залежністю [4]. Азональні чинники зв'язані з розміром, формою та структурою конкретних водозборів і не залежать від географічного положення водозборів. Вплив азональних чинників усувається за допомогою поправочних коефіцієнтів до порайонних або знятим з карти ізоліній значень [4].

Об'єктом дослідження в даному розділі є характеристики річного стоку при наявності спостережень за стоком в басейнах річок Стир, Горинь, Случ.

Басейни річок розташовані в межах Прип'ятського Полісся і характеризуються плоским рівнинним рельєфом, значною заболоченістю і лісистістю річкових водозборів. Це зона достатнього зволоження, з вираженим весняним водопіллям і літньо-осінньою меженню, яка часто переривається дощовими паводками. Характер водного режиму річок у більшості визначається особливостями водопілля та його тривалістю [1].

#### 4.1 Створення регіональної бази багаторічної вихідної інформації та статистична обробка рядів річних модулів стоку

Вихідними матеріалами для розрахунків статистичних параметрів річного стоку являються дані середньорічних модулів стоку в басейнах річок

Стир, Горинь, Случ, які одержані з «Ресурсів поверхневих вод» [5] та «Основних гідрологічних характеристик».

Для дослідження обрані 20 гідрологічних постів з періодом спостережень за річним стоком від початку і до 2015 року включно.

Відповідно рекомендаціям СНиП 2.01.14-83 [6], статистична обробка рядів середньорічних модулів стоку виконувалась з використанням методів моментів та найбільшої правдоподібності.

Статистична обробка часових рядів річного стоку полягала у визначенні стандартних параметрів ( $\bar{q}$ ,  $C_v$ ,  $C_s$  та співвідношення  $C_s / C_v$ ).

За отриманими результатами розрахунків можна зробити висновок, що у методі моментів коефіцієнти варіації змінюються від 0,55 (р.Смолка – с.Сусли,  $F=632 \text{ км}^2$ ) до 0,22 (р.Горинь – смт.Ямполь,  $F=1400 \text{ км}^2$ ).

Це свідчить про те, що в цілому для річного стоку в басейні річок Горинь, Стир та Случ характерна невисока ступінь мінливості у рядах середньорічних модулів.

У широких межах змінюється коефіцієнт асиметрії - від 1,68 (р.Бережанка – с.Підлісне,  $F=230 \text{ км}^2$ ) до - 0,55 (р. Вишня – с.Кулев,  $F=204 \text{ км}^2$ ). Що стосується правдоподібних оцінок  $C_v$ ,  $C_s / C_v$ , то вони змінюються у наступних межах: коефіцієнт варіації  $C_v$  коливається від 0,56 (р.Смолка – с.Сусли,  $F=632 \text{ км}^2$ ) до 0,22 (р.Горинь – смт.Ямполь,  $F=1400 \text{ км}^2$ ), а співвідношення  $C_s / C_v$  складає у середньому 2.54.

Точність визначення параметрів статистичного розподілу для значення  $\sigma_{\bar{q}}$  в середньому дорівнює 6,2%, а коефіцієнтів варіації в середньому  $\sigma_{C_v}=12,3\%$ .

Ці результати задовольняють вимоги нормативного документа СНиП 2.01.14-83[6].

Результати розрахунків статистичних параметрів річного стоку та визначення середньоквадратичних відхилень наведені у табл.4.1.

Таблиця 4.1 - Результати розрахунків статистичних параметрів річного стоку та визначення середньоквадратичних відхилень в басейнах річок Стир, Горинь, Случ

№ посту	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	n, роки	q, л/ (с* км <sup>2</sup> )	Метод моментів		Метод найбільшої правдоподібності		$\sigma_{C_V}$ %	$\sigma_{\bar{q}}$ %
					$C_V$	$C_S$	$C_V$	$C_S/C_V$		
1	р.Стир – с.Шуровці	2020	60	5,5	0,36	0,79	0,36	2,3	8,94	4,67
2	р.Стир – г.Луцк	7200	88	4,3	0,26	0,49	0,25	2	7,46	2,72
3	р.Стир – с.Млинок	10900	55	3,9	0,27	0,72	0,26	2,9	9,43	3,53
4	р.Радоставка – с.Тройца	316	60	5,9	0,35	0,75	0,35	2,2	8,95	4,54
5	р.Иква – с.Радянське	632	61	5,2	0,28	0,78	0,27	3	8,94	3,50
6	р.Иква – Млиновская ГЕС	1960	26	4,2	0,30	1,97	0,30	9,6	13,7	5,84
7	р.Горинь - пгт Янпіль	1400	76	4,5	0,22	0,09	0,22	0,6	8,05	2,54
8	р.Горинь – с.Ожени	5860	70	4,2	0,27	0,44	0,26	1,7	8,36	3,16
9	р.Горинь – с.Деражне	9160	58	4,4	0,26	0,55	0,26	2,2	9,18	3,41
10	р.Полква – с.Челгузов	256	12	3,3	0,31	- 0,32	0,31	0,4	20,1	9,06
11	р.Вишня – Загреблянська ГЕС	220	4	3,7	0,29	- 0,15	0,30	2,1	34,8	15,4
12	р.Вишня – с.Кулев	204	8	4,2	0,28	- 0,55	0,29	1,5	24,7	10,3
13	р.Вирка – с.Сварни	302	64	3,8	0,39	0,85	0,39	2,3	8,62	4,90

Продовження табл.4.1

14	р.Бережанка – с.Подлесное	230	12	4,5	0,43	1,68	0,43	7	19,8	12,6
15	р.Случ – с.Велика клітка	232	27	4,1	0,45	0,55	0,45	1,4	13,2	8,70
16	р.Случ – с.Громада	2460	86	3,3	0,37	0,91	0,37	2,5	7,45	4,03
17	р.Случ – г.Сарни	13300	80	3,9	0,44	0,82	0,44	1,9	7,66	4,94
18	р.Хомора – пгт Понинка	1410	33	3,8	0,42	0,79	0,42	2	12,0	7,36
19	р.Тня – с.Броники	982	72	3,5	0,54	0,82	0,55	1,6	7,95	6,46
20	р.Смолка – с.Сусли	632	70	3,3	0,55	0,85	0,56	1,6	8,05	6,63
<b>Середнє значення</b>								<b>2,54</b>	<b>12,3</b>	<b>6,2</b>

#### 4.2 Визначення статистичної однорідності у стокових рядах річного стоку басейнів річок Стир, Горинь, Случ

Однією з особливостей гідрологічних розрахунків є те, що стокові ряди можуть бути неоднорідними, як у часі, так і у просторі [7]. Застосування теоретичних кривих розподілу для опису статистичних сукупностей можливо в тому випадку, якщо ці сукупності сформовані з якісно однорідних і незалежних елементів. З'ясування статистичної однорідності досліджуваних сукупностей і випадковості формування вибірок виступає в якості важливого елемента оцінки достовірності статистичних узагальнень.

У теорії ймовірностей відомо багато критеріїв однорідності, використовуючи які, можна визначити однорідність вибірових значень

параметрів розподілу. До них відносяться: критерії Фішера, Стьюдента та Уїлкоксона [8].

Для подальших розрахунків часові ряди річного стоку басейнів річок Стир, Горинь та Случ слід перевірити на однорідність. Неврахування цих обставин може привести до невірних висновків. Для рішення цієї задачі було обрано 15 гідрологічних постів з найбільш тривалим періодом спостережень. Це пов'язано з тим, що 5 постів мали періоди спостережень від 4 років до 12 років, а для більш точних результатів при розрахунках річного стоку слід мати ряди спостережень не менше 15 років. Результати перевірки часових рядів річного стоку у басейнах річок Стир, Горинь та Случ наведені у табл. 4.2.

Перевірка на однорідність часових рядів річного стоку показала, що неоднорідними виявилися два поста (р.Случ – с.Велика Клітна, р.Хомора – пгт Понинка). З вихідних даних не можна зробити однозначних висновків стосовно причин такої неоднорідності. Тому по гідрологічних постах, які виявилися неоднорідними слід дослідити часові тренди.

Таблиця 4.2 – Перевірка часових рядів річного стоку на однорідність в басейні річок Стир Горинь та Случ

№ з/п	Річка – пост	n, років	Рівень значущості	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
				F	F <sub>кр</sub>		t	t <sub>кр</sub>			
1	р.Стир – с.Шуровці	60	5%	1,5	2,2	Одн.	0,9	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
2	р.Стир – г.Луцк	88	5%	1,4	1,9	Одн.	1,5	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
3	р.Стир – с.Млинок	55	5%	1,4	2,1	Одн.	1,5	2,0	Одн.	Одн.	Одн.

Продовження табл.4.2

4	р.Радоставка – с.Тройца	60	5%	1,2	2,2	Одн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
5	р.Иква – с.Радянське	61	5%	1,7	2,2	Одн.	1,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
6	р.Иква – Млиновская ГЕС	26	5%	1,8	3,4	Одн.	2,0	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
7	р.Горинь -пгт Янпіль	76	5%	1,2	2,0	Одн.	2,0	2,0	<b>Неод</b>	Одн.	Одн.
8	р.Горинь – с.Ожени	70	5%	2,1	2,1	<b>Неод.</b>	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
9	р.Гориньс.Дераже	58	5%	2,2	2,2	<b>Неод.</b>	1,5	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
10	р.Вирка – с.Сварни	64	5%	1,7	2,1	Одн.	1,3	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
11	р.Случ – с.Велика клітка	27	5%	1,5	3,5	Одн.	3,1	2,1	Неод.	Неод.	Неод.
12	р.Случ– с.Громада	86	5%	1,3	1,9	Одн.	1,4	2,0	Одн	Одн.	Одн.
13	р.Случ – г.Сарни	80	5%	1,2	2,0	Одн.	1,8	2,0	Одн	<b>Неод</b>	Одн.
14	р.Хомора – пгт Понинка	33	5%	1,6	3,0	Одн.	2,1	2,0	<b>Нед</b>	<b>Неод</b>	<b>Неод.</b>
15	р.Тня – с.Броники	72	5%	1,3	2,1	Одн.	0,6	2,0	Одн.	Одн.	Одн.

### 4.3 Виявлення тренду у часових рядах річного стоку басейнів річок Стир, Горинь, Случ

Коли статистична неоднорідність ряду стоку установлена і у фондових матеріалах є вказівки на наслідки інтенсивних водогосподарських перетворень, є сенс виявити у хронологічній послідовності стоку тренд, тобто направлену зміну стокових величин в бік зростання або зменшення.

Для виявлення тренду у стокових рядах при розрахунках можна використати критерій Аббе. В його основі лежить порівняння дисперсії значень випадкової величини  $X$  з сумою квадратів їх послідовних різниць  $S^2$ , яка менш чутлива до систематичної зміни математичного сподівання [8].

Тому для гідрологічних постів, які виявилися неоднорідними були побудовані хронологічні графіки та виявлені часові тренди. Хронологічні графіки представлені на рис.4.1 і рис.4. 2.

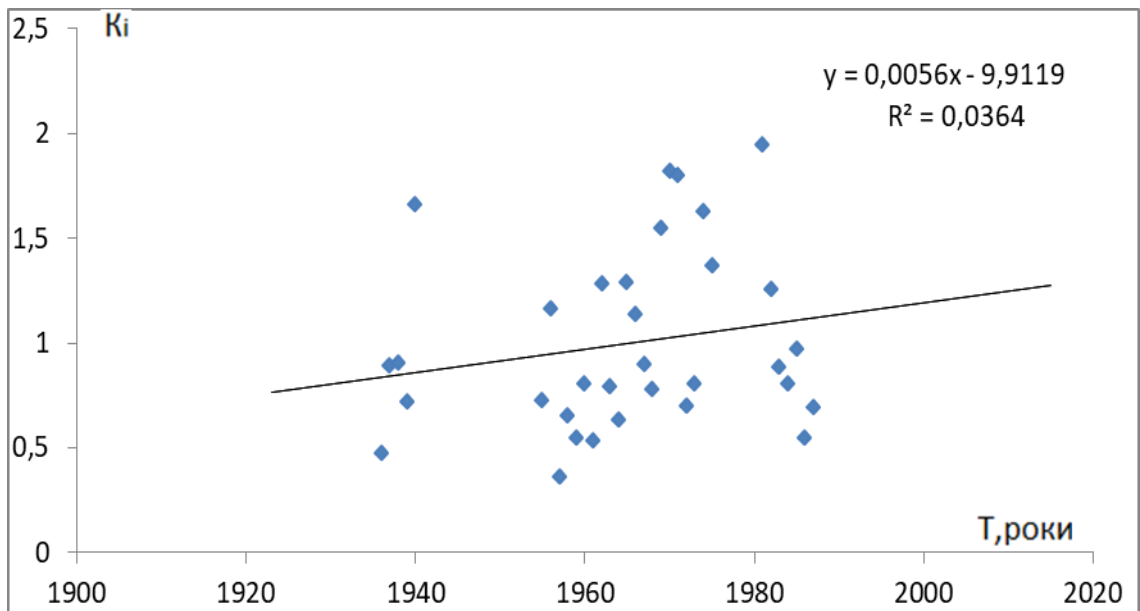


Рисунок 4.1 - Виявлення тренду р. Хомора – смт. Понинка

На підставі аналізу цих графіків можна зробити висновок, що наявні часові тренди на постах р. Случ – с. Велика Клітна і р. Хомора – пгт.

Понинка чітко виражені, на розглянутих постах відзначається тенденція до збільшення водності по роках, що пов'язано з природними процесами.

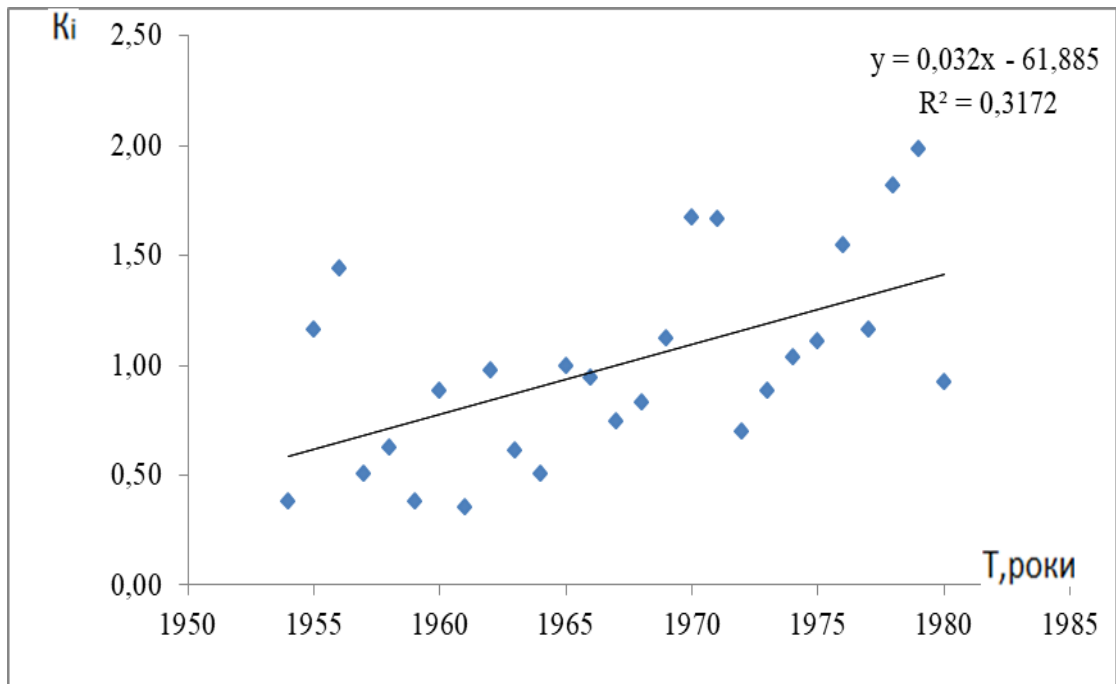


Рисунок 4.2 - Виявлення тренду р. Случ – с. Велика Клітна

Отже, присутність тренду на розглянутих постах пояснює їх неоднорідність. Також на розглянутих постах відзначається тенденція до збільшення водності по роках, що пов'язано з природними процесами.

4.4 Виділення циклів водності за допомогою різницевої інтегральних кривих у часових рядах річного стоку в басейні річок Стир, Горинь, Случ

При розрахунках річного стоку звертається увага на питання досліджування циклічності коливань стоку річок внаслідок впливу антропогенних чинників [2].



У цьому розділі розглядається циклічність в часових рядах басейнів річок Стир, Горинь, Случ. Фази коливання величин річного стоку досить просто, але об'єктивно визначити за допомогою різницевої інтегральних кривих [2]. Ефективним методом виявлення проявів синхронності коливань річного стоку є побудова сумісних графіків різницевої інтегральних кривих стоку.

Для виявлення циклічності в часових рядах річного стоку на гідрологічних постах досліджуваного району побудовані різницеві інтегральні криві [8], які наведені на рис. 4.3.

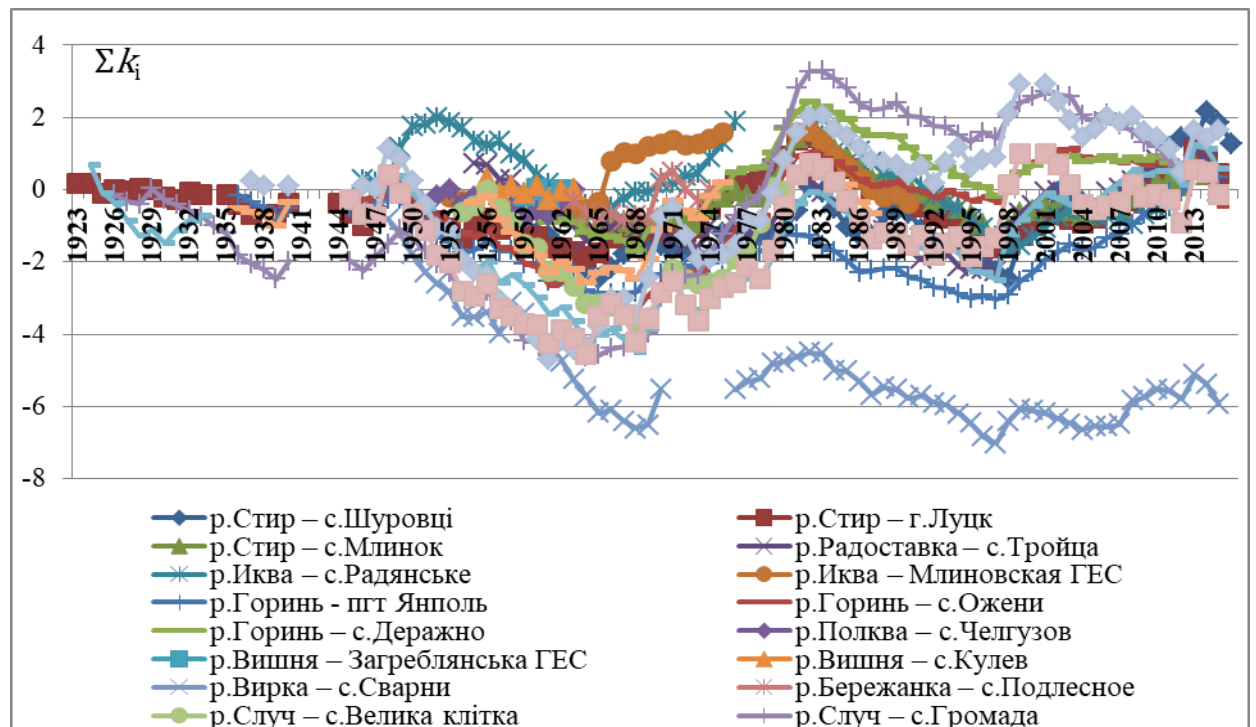


Рисунок 4.3 - Різницеві інтегральні криві постів басейну річок Стир, Горинь, Случ

Як видно з різницевої інтегральних кривих, коливання річного стоку в басейнах річок Стир, Горинь, Случ є синхронні. Деякі криві мали невеликі розриви, але на середнє значення річного стоку це суттєво не впливає. Майже всі криві утворюють замкнуті цикли коливань водності і в цілому визначається їх схожість [8].

## 5. ПРОСТОРО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКУ В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ ТА РІЧОК ПРИЧОРНОМОР'Я

5.1 Створення регіональної бази вихідної гідрологічної, метеорологічної та агрометеорологічної інформації періоду проходження весняного водопілля в басейні р. Південний Буг

Створення регіональної бази вихідної гідрологічної, метеорологічної та агрометеорологічної інформації періоду проходження весняного водопілля в басейні р. Південний Буг виконано в рамках районування басейну за умовами формування весняного водопілля річок та розробки методики довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля (шарів стоку та максимальних витрат води) в басейні р. Південний Буг.

Об'єктом дослідження є басейн р. Південний Буг, з його основними притоками – річками Рів, Соб, Савранка, Кодима, Синюха, Інгул, а також деякі річки Причорномор'я (міжріччя Дністра і Південного Бугу). Для характеристики максимального стоку весняного водопілля – шарів стоку та максимальних витрат води використані матеріали режимних видань за багаторічний період спостережень (станом на 2015 р.) [1]. Розміщення гідрологічних постів та метеостанцій показано на рис. 5.1.

Згідно класифікації річок, виконаної авторами [2], яка здійснювалася у різні роки за довжинами річок [3]-[5] чи за площами їх водозборів [4]-[12] р. Південний Буг (з довжиною 806 км) відноситься до середньої річки, а за площею водозбору (63700 км<sup>2</sup>) – класифікується як велика річка (за типологією річок Водного кодексу України [9]) або як дуже велика річка (за класифікацією річок у Водній Рамковій Директиві 2000/60/ЄС [10]). Загалом в басейні р. Південний Буг налічується 6582 малі річки, загальною довжиною

близько 20 тис. км, 11 середніх річок загальною довжиною понад 1,6 тис. км та 1 велика річка Південний Буг.



▼ – гідрологічний пост; ● – метеорологічна станція

Рисунок 5.1 – Гідрометеорологічна мережа спостережень в басейнах річки Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом

Гідрологічні спостереження на р. Південний Буг розпочаті в кінці XIX – на початку XX ст. і пов'язані з розвитком судноплавства в Україні. При дослідженнях русла було встановлено, що лише частина від м. Вознесенськ до гирла є судноплавною. Ґрунтовні дослідження розвитку гідрометеорологічної мережі спостережень в басейні р. Південний Буг були здійснені в Українському гідрометеорологічному інституті – УкрГМІ ДСНС України та НАН України В.А. Манукалом [13]. Автором [13], встановлено, що у 1950-ті роки спостерігалась найбільша щільність гідрологічної мережі, що було пов'язане з розвитком гідротехнічного будівництва, гідроенергетики, водного господарства, водного транспорту, іригації і водопостачання.

Станом на 2015 рік в басейні р. Південний Буг діючими є 24

гідрологічних поста (дод. Б, табл. Б.1), які мають тривалі часові ряди стокових спостережень та досить рівномірно розміщені по території басейну (рис. 5.1). Слід зазначити, що до списку постів не були включенні ті, по яких період спостережень за витратами води складав менше 6 років. Динаміка по роках зміни кількості гідрологічних постів (на 1 січня року) на яких вимірюють рівні води, витрати води та наносів в басейні р. Південний Буг представлена на рис. 5.2.

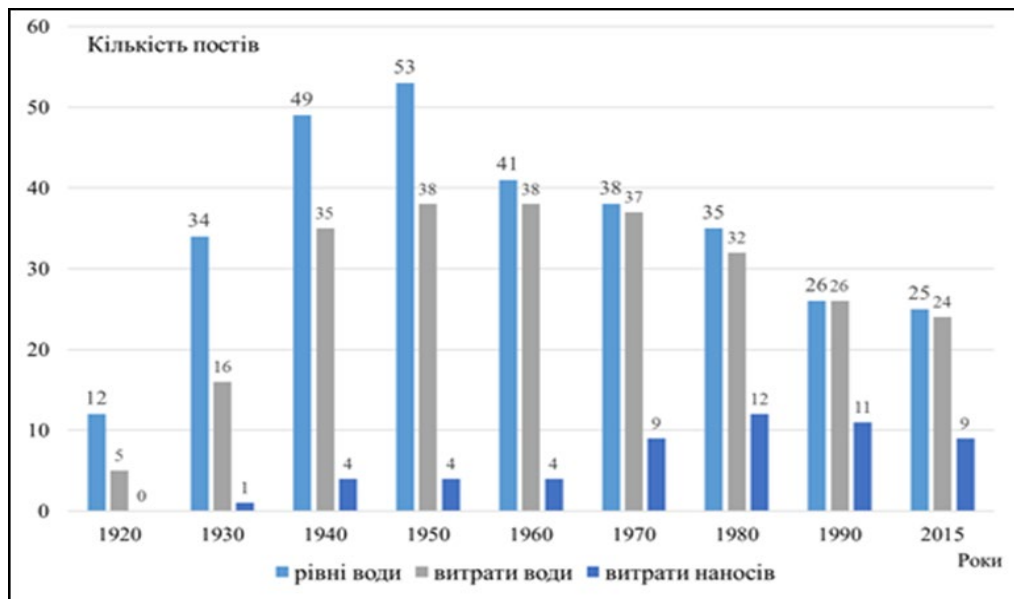


Рисунок 5.2 – Динаміка по роках зміни кількості гідрологічних постів (на 1 січня року), на яких вимірюють рівні води, витрати води та наносів в басейні р. Південний Буг (за даними [2])

Діапазон водозбірних площ в басейні р. Південний Буг охоплює басейни за розміром від 36,5 км<sup>2</sup> (р. Південний Буг – с. Чорнява) до 46200 км<sup>2</sup> (р. Південний Буг – смт Олександрівка). Стан гідрометеорологічної мережі в басейні р. Південний Буг проаналізовано автором у роботі [14].

Згідно рекомендаціям Всесвітньої метеорологічної організації [15] для річкових водозборів, розташованих у межах рівнинних територій, мінімальна щільність гідрометричних постів повинна становити – один пост на 1875 км<sup>2</sup>. Згідно цих рекомендацій для басейну р. Південний Буг вище с. Селище один

гідрологічний пост з вимірюванням витрат води припадає приблизно на 1800 км<sup>2</sup>, для басейну річки вище с. Олександрівка – на 2700 км<sup>2</sup>, для басейну річки до гирла – на 2900 км<sup>2</sup> [13]. Оскільки південна частина досліджуваної території є недостатньо вивченою у гідрологічному відношенні в даній роботі було залучено 3 гідрологічних поста річок між Дністром і Південним Бугом (рр. Великий Куяльник та Тилігул), з яких діючими станом на 2015 р. є два гідрологічних поста (рис. 5.4).

Важливим показником гідрологічної вивченості території є тривалість стокових спостережень на річках, яка змінюється в діапазоні від 7–9 років (рр. Гірський Тікіч – Юрпольська ГЕС, Південний Буг – с. Самчинці, Удич – с. Ягубець, Південний Буг – с. Селище, Сухий Ташлик – с. Липняжка, Чичиклія – с. Веселинове) до 94 (р. Рів – с. Демидівка) і 102 років (р. Південний Буг – смт Олександрівка) (дод. В, табл. В.1).

В цілому на досліджуваній території 22 поста (42 % від загальної кількості) мають тривалі ряди спостережень – більше 50 років; на 11 постах (20 %) гідрологічні ряди також достатньо тривалі і становлять 30–50 років. Ряди тривалістю 21–30 років є на 4 гідрологічних постах (8 %), а менше 20 років – на 16 постах (20 %) [14].

Найбільша кількість гідрологічних постів (74 % від загального їх числа), мають величини площ водозборів річок в діапазоні до 5000 км<sup>2</sup>. Кількість постів, розташованих на річках з площами водозборів 5001–10000 км<sup>2</sup> становить 6 %, 10001–20000 км<sup>2</sup> – 9 %, а з площами більше 20000 км<sup>2</sup> – 11 % (табл. 5.1).

Спостереження за метеорологічними та агрометеорологічними характеристиками весняного водопілля (температурою повітря, опадами, запасами води в сніговому покриві, глибиною промерзання ґрунтів, запасами продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту) здійснюють 25 метеорологічних та агрометеорологічних станцій рівномірно розташованих по території басейну, список яких надається у дод. В, табл. В.2, а схема розташування – на рис. 5.1.

Таблиця 5.1 – Розподіл водозборів річок по тривалості спостережень і величині їх площ в басейні р. Південний Буг (станом на 2015 рік)

Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Кількість гідрологічних постів з періодом спостережень							Всього	%
	≤10	11-20	21-30	31-40	41-50	> 50			
≤100	-	1	2	-	-	1	4	8	
101 – 1000	2	1	-	4	3	5	14	26	
1001 – 5000	2	3	2	1	2	10	21	40	
5001 – 10000	1	1	-	-	-	2	3	6	
10001 – 20000	1	2	-	-	-	2	5	9	
20001 – 50000	-	2	-	1	1	2	6	11	
Всього	6	10	4	6	5	22	53	100	
%	11	19	8	11	9	42	100		

## 5.2 Оцінка впливу зарегульованості річкового стоку в басейні р. Південний Буг на характеристики весняного водопілля

Характерною особливістю р. Південний Буг є велика її зарегульованість. Тут побудовано в різні роки низку великих водосховищ, ГЕС та АЕС (дод. Г, рис. Г.1, рис. Г.2). На сьогодні в басейні р. Південний Буг побудовано 24 основних водосховищ, з яких 16 водосховищ (місткістю 316 млн. м<sup>3</sup>) розташовані в руслі р. Південний Буг. Велика зарегульованість річки є її характерною особливістю та виділяє р. Південний Буг з поміж інших великих річок України.

З метою оцінки впливу зарегульованості річкового стоку в басейні р. Південний Буг на характеристики весняного водопілля в роботі побудовано сумарні криві шарів стоку весняного водопілля (рис. 5.3-рис. 5.5) на постах, які зарегульовані найбільшими діючими ГЕС. На рис. 5.3 представлено сумарну криву для шарів стоку весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Тростяничик ( $F=17400$  км<sup>2</sup>). Вище за течією даного поста розташована найбільша на р. Південний Буг – Ладижинська ГЕС ( $F=13300$  км<sup>2</sup>,  $W=150$  млн. м<sup>3</sup>), яка

введена в експлуатацію у листопаді 1964 р. і невелика – Глибочинська ГЕС ( $F=17130 \text{ км}^2$ ,  $W=10,7 \text{ млн. м}^3$ ), яка експлуатується з 1957 р.

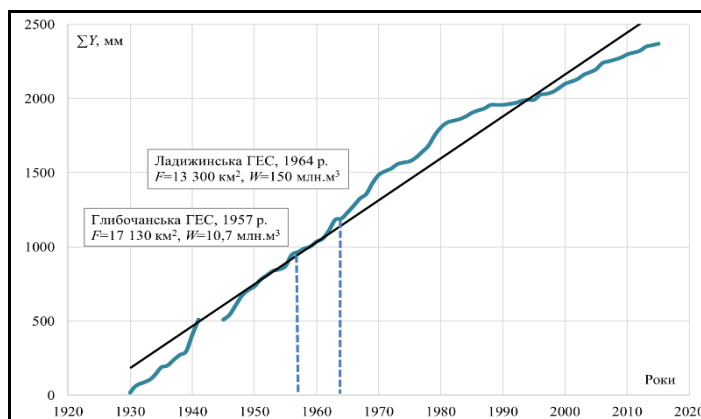


Рисунок 5.3 – Сумарна крива шарів стоку весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Тростянчик ( $F=17400 \text{ км}^2$ )

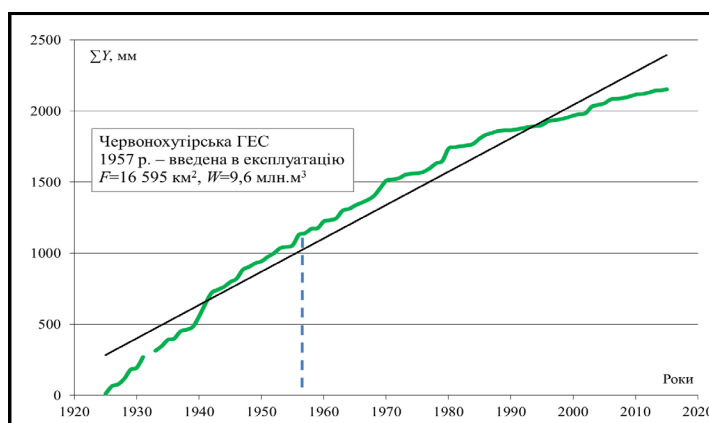


Рисунок 5.4 – Сумарна крива шарів стоку весняного водопілля на р. Синюха – с. Синюхін Брід ( $F=16\,595 \text{ км}^2$ )

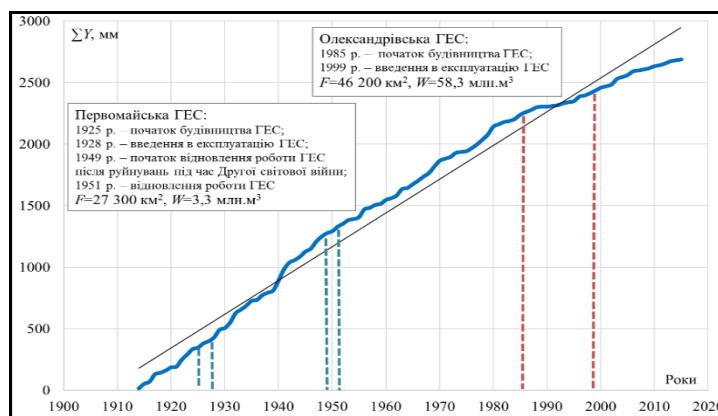


Рисунок 5.5 – Сумарна крива шарів стоку весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Олександрівка ( $F=46200 \text{ км}^2$ )

Також досліджено сумарну криву шарів стоку весняного водопілля на р. Синюха – с. Синюхін Брід ( $F=16700 \text{ км}^2$ ) (рис. 5.4), вище за течією поста розташована найбільша в каскаді малих ГЕС на р. Синюха Червонохутірська ГЕС ( $F=16595 \text{ км}^2$ ), яка введена в експлуатацію у листопаді 1957 р.

Важливим є дослідження й часового ряду шарів стоку весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Олександрівка ( $F=46200 \text{ км}^2$ ) у вигляді сумарної кривої (рис. 5.5), оскільки пост є замикальним в басейні р. Південний Буг та може відображати загальну зарегульованість на басейні. Слід зазначити, що гідрологічний пост на р. Південний Буг – с. Олександрівка приймає також стік р. Синюха, яка впадає в основне русло р. Південний Буг трохи вище за течією (дод. Г, рис. Г.1).

При цьому, басейн р. Південний Буг – с. Олександрівка включає понад 2400 ставків і понад 100 водосховищ. Вище за течією даного поста розташовані – Первомайська ГЕС ( $F=27300 \text{ км}^2$ ,  $W=3,3 \text{ млн. м}^3$ ), яка знаходиться вище впадіння р. Синюха та Олександрівська ГЕС ( $F=46200 \text{ км}^2$ ,  $W=58,3 \text{ млн. м}^3$ ), що розташована лише в 2,5 км вище поста.

Для аналізу оцінки впливу зарегульованості річкового стоку в басейні р. Південний Буг на сумарні криві нанесено дати початку будівництва та експлуатації ГЕС. На р. Південний Буг – с. Тростянчик сумарна крива відхиляється в сторону збільшення весняного стоку після введення в експлуатацію Ладижинської ГЕС; на р. Синюха – с. Синюхін Брід після введення в експлуатацію ГЕС відхилень не спостерігається; на р. Південний Буг – с. Олександрівка після введення в експлуатацію Олександрівської ГЕС сумарна крива дещо відхиляється в сторону зменшення.

Характерної однозначної закономірності в направлених змінах шарів стоку весняного водопілля річок у вигляді сумарних кривих на початку будівництва та експлуатації ГЕС в сторону збільшення або зменшення не спостерігається.

Тому, для аналізу в роботі були побудовані різницеві інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля на низці постів (рис. 5.6), рівномірно



розташованих по території басейну р. Південний Буг з різною площею водозбору (від 692 до 46200 км<sup>2</sup>) та наявністю або відсутністю водосховищ та ГЕС вище за течією. При цьому, різницеві інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг вказують, що спостерігається однозначна синхронність в коливаннях річкового стоку для всіх річок басейну.

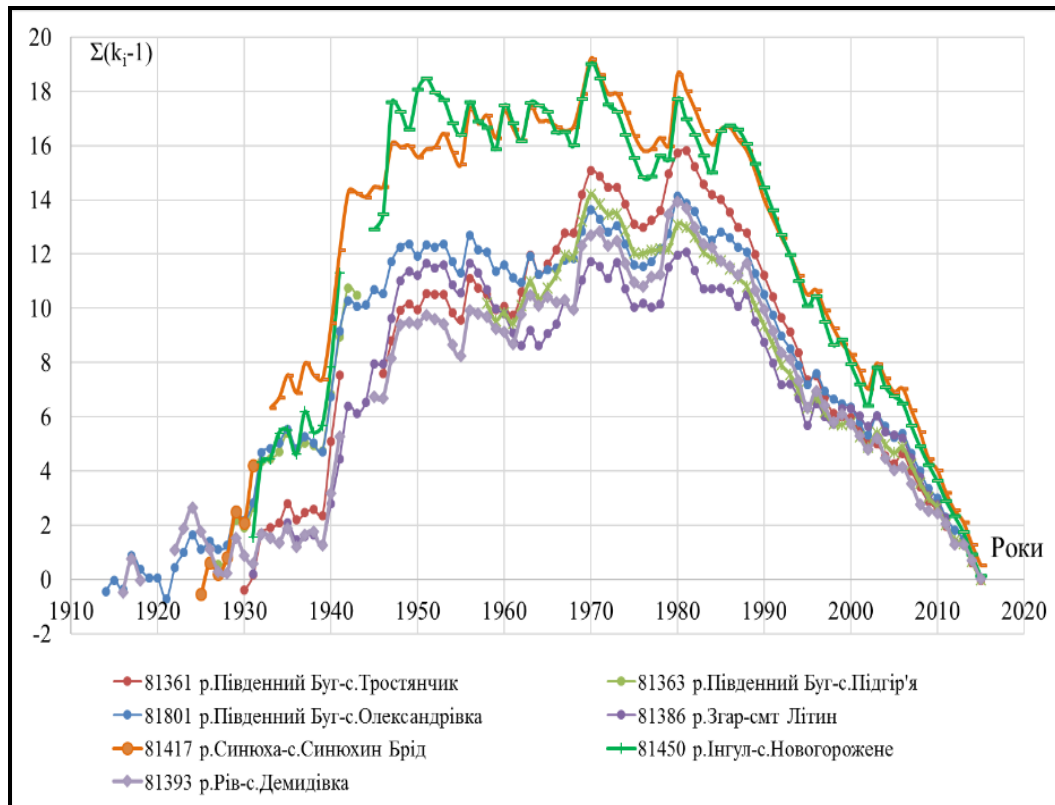


Рисунок 5.6 – Різницеві інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля річок басейну Південного Бугу

Аналізуючи сумарні та різницеві інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг можна дійти висновку, що в сучасний період формування максимального стоку весняного водопілля на басейні вплив зарегульованості річкового стоку не суттєвий, відхилення на сумарних кривих переважно пояснюються природними циклами та впливом змін клімату на водність річок.

### 5.3 Статистична обробка часових рядів стокових характеристик та агро- та метеорологічних чинників формування стоку. Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів

На наступному етапі дослідження за методами моментів і найбільшої правдоподібності, що описані в розд.1, п. 1.3 виконана статистична обробка часових рядів стокових характеристик та агро- і метеорологічних чинників формування стоку виконана. По наявних рядах розраховано параметри статистичного розподілу: середнє арифметичне значення  $\bar{x}$ , коефіцієнт автокореляції  $r(1)$ , коефіцієнти варіації  $C_v$  і асиметрії  $C_s, C_s/C_v$ .

Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля в басейні Південного Бугу виконана для 40 гідрологічних постів за період спостережень від 13 до 102 років.

При цьому, встановлення середньобогаторічних величин шарів стоку весняного водопілля  $Y_0$  для досліджених річок території визначено за часовими рядами стокових спостережень  $Y_m$  шляхом їх статистичної обробки, в саме, встановленні середньоарифметичного значення [16], [17] і коливаються від 3 мм на р. Великий Куяльник – с. Северинівка до 55 мм – р. Південний Буг – с. Чорнява.

Також, визначено моментні значення коефіцієнтів варіації шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг. Для досліджуваних річок вони коливаються в межах від 0,46 (р. Південний Буг – с. Селище,  $F=9100$  км<sup>2</sup>,  $n=14$  років) до 2,03 (р. Великий Куяльник – с. Северинівка,  $F=1840$  км<sup>2</sup>,  $n=58$  років) при середньому  $C_v$  по регіону – 0,90, а правдоподібні від 0,47 (р. Південний Буг – с. Селище,  $F=9100$  км<sup>2</sup>,  $n=14$  років) до 2,44 (р. Великий Куяльник – с. Северинівка,  $F=1840$  км<sup>2</sup>,  $n=58$  років) при середньому  $C_v$  по регіону – 0,92. Коефіцієнти варіації шарів стоку весняного водопілля, визначених за методом моментів та найбільшої правдоподібності мають тісну

збіжність. Але дещо різняться співвідношення між  $C_s$  і  $C_v$  у цих методах ( $C_s/C_v=1,74$  – у методі моментів і  $C_s/C_v=2,18$  – у методі найбільшої правдоподібності). Аналіз розрахунків показав, що по обох методах (найбільшої правдоподібності і моментів) отримані в загальному збіжні значення коефіцієнтів варіації  $C_v$ . Результати статистичної обробки наведено у дод. Д, табл. Д.1.

Встановлення середньобагаторічних величин максимальних витрат води весняного водопілля  $Q_0$  для досліджених річок території визначено також шляхом статистичної обробки часових рядів  $Q_m$ , при встановленні середньоарифметичного значення [16], [17] і коливаються від 4 м<sup>3</sup>/с на р. Великий Куяльник – с. Северинівка до 737 м<sup>3</sup>/с – р. Південний Буг – с. Олександрівка.

Розраховані при статистичній обробці моментні значення коефіцієнтів варіації  $C_v$  максимальних витрат води весняного водопілля досліджуваних річок коливаються в межах від 0,66 (р. Південний Буг – с. Селище,  $F=9100$  км<sup>2</sup>,  $n=14$  років) до 2,75 (р. Великий Куяльник – с. Северинівка,  $F=1840$  км<sup>2</sup>,  $n=14$  років) при середньому  $C_v$  по регіону – 1,29, а правдоподібні від 0,67 до 3,48, при середньому їх значенню 1,35 відповідно. Коефіцієнти варіації визначені за двома методами, також мають тісну збіжність. Співвідношення між  $C_s$  і  $C_v$  максимальних витрат води весняного водопілля за методом моментів та найбільшої правдоподібності становлять ( $C_s/C_v=1,81$  – у методі моментів і  $C_s/C_v=2,37$  – у методі найбільшої правдоподібності). Результати статистичної обробки наведено у дод. Д, табл. Д.2.

Статистична обробка часових рядів максимальних запасів води в сніговому покриві у полі виконана для 25 метеорологічних станцій за період спостережень від 27 до 82 років [16]-[18].

Встановлені шляхом статистичної обробки середньобагаторічні значення максимальних перед весняним водопіллям запасів води в сніговому

покриві у полі  $S_{0_n}$  коливаються від 63 мм на ст. Липовець до 22 мм – ст. Сербка. Моментні коефіцієнти варіації максимальних запасів води в сніговому покриві досліджуваних басейнах річок коливаються в межах від 0,59 (ст. Вознесенськ,  $n=38$  років) до 0,83 (ст. Затишшя,  $n=50$  років) при середньому  $C_v$  по регіону – 0,70, правдоподібні – майже не відрізняються у розкиді значень і коливаються в межах від 0,59 (ст. Вознесенськ,  $n=38$  років) до 0,84 (ст. Затишшя,  $n=50$  років) при середньому  $C_v$  по регіону – 0,70. Результати статистичної обробки максимальних запасів води в сніговому покриві наведено у дод. Д, табл. Д.3.

Аналіз отриманих даних (дод. Д, табл. Д.1-табл. Д.3) показує, що по обох методах (найбільшої правдоподібності і моментів) отримані в загальному збіжні значення коефіцієнтів варіації  $C_v$ . Відповідно до [19] при  $C_v > 0,5$  рекомендується використовувати для розрахунків метод найбільшої правдоподібності, а при  $C_v > 0,5$  і  $C_s / C_v > 2,0$  – трипараметричний гамма-розподіл С.М. Крицького і М.Ф. Менкеля, який дає більш надійні значення розрахунків, у порівнянні з кривою біноміального розподілу [20].

Враховуючи, що значення коефіцієнтів варіації шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля досліджуваних річок практично у всіх випадках становлять  $C_v \geq 0,50$ , а  $C_s / C_v > 2,0$  – для подальших розрахунків при визначенні прогнозних забезпеченостей характеристик весняного водопілля прийнято метод найбільшої правдоподібності та трипараметричний гама-розподіл С.М. Крицького і М.Ф. Менкеля.

У роботі також виконано аналіз однорідності рядів гідрологічних характеристик та метеорологічних чинників весняного водопілля в басейні р. Південний Буг [21].

Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів характеристик річкового стоку (шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля) виконано при побудові сумарних кривих, які вказують

на те, що для всіх річок басейну Південного Бугу однорідність рядів порушена в час початку суттєвих впливів змін клімату на режим весняного водопілля річок території (тобто у період з кінця 1980-х років по 2015 р.). Приклад таких кривих представлено для р. Південний Буг – с. Підгір'я (рис. 5.7 та рис. 5.8).

Такі висновки досліджень часових рядів збігаються з результатами досліджень авторів [22]-[25], які встановили, що для більшості рівнинних річок України часові ряди максимальних витрати води та шарів стоку весняного водопілля є неоднорідними, за циклічністю коливань є синхронними, а з кінця 80-х рр. минулого сторіччя до 2015 р. на річках спостерігається маловодна фаза (у т.ч. в басейні р. Південний Буг).

Також, було досліджено часові ряди максимальних глибин промерзання ґрунтів в басейні р. Південний Буг, які виявилися неоднорідними (наприклад, на ст. Хмільник) (рис. 5.9).

Встановлено, що в період з 1989 р. по 2015 р. максимальні глибини промерзання ґрунтів зменшуються у зв'язку з підвищенням зимових температур повітря.

Але ж на сумарних кривих максимальних запасів води в сніговому покриві (наприклад, ст. Хмільник) (рис. 5.10) такі зміни не відобразилися, а спостерігаються незначні, різнонаправлені їх відхилення.

Проаналізувавши побудовані сумарні криві у гідрологічному і метеорологічному режимі весняного водопілля річок басейну р. Південний Буг можна зробити висновок, що в останні десятиріччя зменшення шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля (переважно в період з кінця 1980-х років), за наявності снігу на водозборах, пояснюється в основному суттєвим зменшенням глибин промерзання ґрунтів (з 1989 р.), що обумовлює значні втрати талих і дощових вод і формування невисоких водопіль.

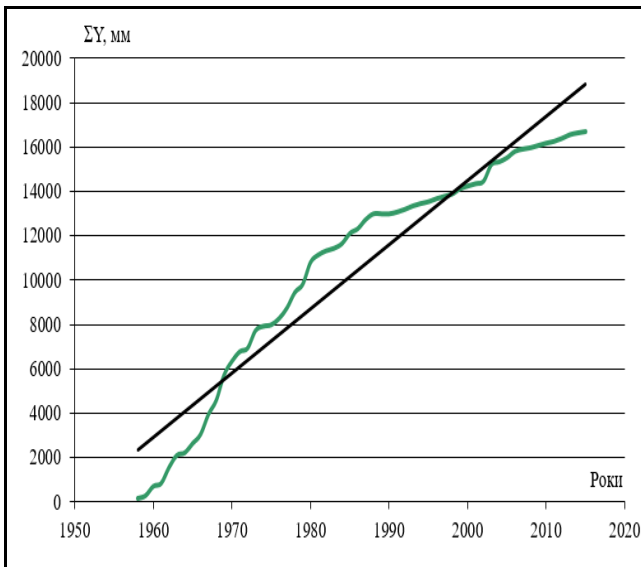


Рисунок 5.7 – Сумарні криві шарів стоку весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Підгір'я

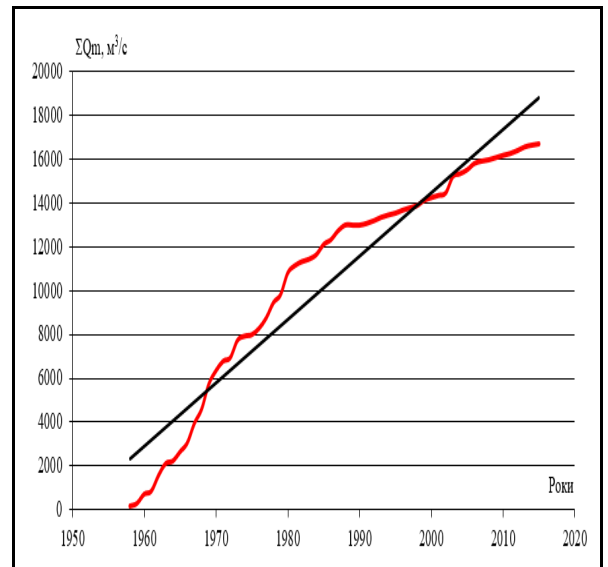


Рисунок 5.8 – Сумарні криві максимальних витрат води весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Підгір'я

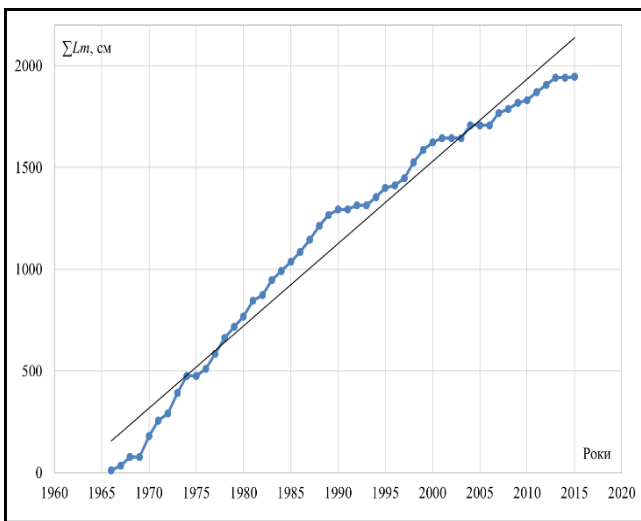


Рисунок 5.9 – Сумарні криві максимальних глиби промерзання ґрунтів на ст. Хмільник

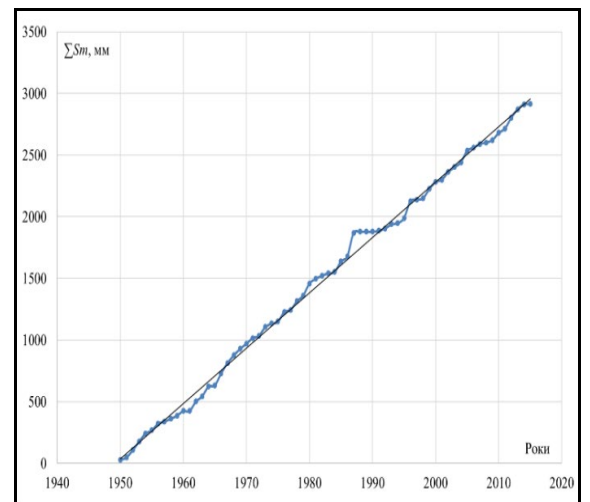


Рисунок 5.10 – Сумарні криві максимальних запасів води в сніговому покриві на ст. Хмільник

#### 5.4 Районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок

Однією з головних задач гідрології є дослідження річкового стоку та його просторовий розподіл по території, що має теоретичне та практичне значення. Дослідження річкового стоку відбувається на основі даних спостережень гідрологічної та метеорологічної мережі в різних точках водозбору [15].

Проте вся інша територія, окрім пунктів виміру, залишається без наявності даних про характеристики стоку, потребує застосування методів географічних і гідрологічних узагальнень для узагальнень річкового стоку по всій території басейну.

Рішення такої задачі можливе при побудові карт ізоліній (ліній рівних величин значень річкового стоку) або виділенні гідрологічних районів зі сталими значеннями прогнозних або розрахункових схем.

Автором [26] проаналізовано методики гідрологічного районування за умовами формування річкового стоку. Встановлено, що на початку ХХ ст. низкою радянських авторів було досить детально досліджено розподіл річкового стоку Європейської частини СРСР та складено перші карти районування стоку [27].

Сучасне гідрологічне районування територій знайшло широке відображення в роботах українських науковців при районуванні, як рівнинної території України [28]-[34], так і гірської [31], [33], [35], при застосуванні методів багатовимірного статистичного аналізу, основи яких викладено в [36]-[42]. З метою довгострокового гідрологічного прогнозування характеристик стоку весняного водопілля рівнинних річок районування території виконано у роботах авторів [43], [44].

#### 5.4.1 Основні підходи до узагальнення річкового стоку та районування територій

Перші узагальнення у вигляді карти розподілу середньобогаторічного річкового стоку було складено американським вченим Ф. Ньюеллом у 1892 р. [45] для рівнинних річок території Сполучених Штатів Америки (США), але, після її опублікування, тривалий час подібних карт не з'являлося. Перші роботи, які заклали основу для розвитку гідрологічного районування території були опубліковані в кінці XIX та на початку XX ст. російським геологом та ґрунтознавцем В.В. Докучаєвим [46].

У 1900 р. В.В. Докучаєвим на всесвітній виставці у Парижі було представлено першу карту ґрунтів північної півкулі. На основі його досліджень вперше був встановлений закон горизонтальної зональності і вертикальної поясності. Далі, на початку XX ст. його послідовниками, зокрема науковцем Л.С. Бергом (в [46]), було більш детально досліджено питання ландшафту, який відіграє важливу роль у формуванні стоку річок, і вже в 1913 р. було опубліковано перше його визначення.

У Радянському Союзі першу карту весняного стоку опублікував П.М. Лебедев у 1925 р. [47]. У 1927 р., маючи вже певні знання та накопичені дані по характеристикам стоку, Д.І. Кочеріним було вперше складено карту ізоліній середньобогаторічного річного стоку Європейської частини СРСР [48].

У сучасній практиці широко використовується комплексний метод географо-гідрологічних узагальнень запропонований В.Г. Глушковим у 1933 р. [49], який враховує ряд географічних чинників та умов формування річкового стоку. У 1937 р. Б.Д. Зайков та С.Ю. Белінков опублікували карту середньобогаторічного річного стоку території СРСР [50]. Перша така карта стоку для всієї земної кулі опублікована у 1945 р. М.І. Львовичем [51]. Найбільш повно розподіл середньобогаторічного річного стоку СРСР



відображено на картах Б.Д. Зайкова [52], В.А. Троїцького [53], К.Г. Тихоцького [54], а також в Фізико-географічному атласі світу [55].

Значний внесок у розвиток гідрологічного районування зробив П.С. Кузін [56], який заклав основні принципи районування та виконав районування території колишнього Радянського Союзу.

В основу робіт П.С. Кузіна покладено кількісні показники лінійних залежностей стоку від чинників, що його визначають. У 1971 р. Т.М. Синайською та Ю.В. Швейкіним [57] вперше представлено результати синхронності коливань річного стоку та виконано районування території України по критерію асинхронності. Вже у 1985 р. Л.К. Вершиніною, О.І. Крестовським, І.Л. Калюжним та К.К. Павловою [58] виконано районування Європейської частини території колишнього СРСР та виділено райони з переважаючим впливом тих чи інших стокоформуєчих чинників.

Питанню районування території за ознаками однорідності умов формування весняного стоку та встановлення меж таких районів присвячена робота А.В. Христофорова [59] та ін. У 1988 році О.Г. Ободовським було виконано районування території України за характером проходження руслоформуєчих витрат води [60] на основі факторного та кластерного аналізів.

З тих часів в Україні більш активно почали застосовуватися методи багатовимірного статистичного аналізу для виконання гідрологічного районування територій.

На сучасному етапі розвитку гідрологічного районування території України науковцями широко застосовуються методи багатовимірного статистичного аналізу [36]-[42], що дає можливість на основі сучасних даних спостережень та застосування автоматичних технологій обробки інформації, як уточнювати встановлені райони, так і районувати територію за новими чинниками [28]-[35].

Так, у роботі Н.С. Лободи [28] виконано районування території України за синхронністю коливань річного стоку річок із залученням методів багатовимірної статистичного аналізу, а саме  $Q$ -модифікації методу факторного аналізу, методу головних компонент та сумісного аналізу.

Метод кластерного аналізу застосований Н.С. Лободою у співавторстві з С.В. Мельником в роботі [29] при районуванні басейну Верхнього Дністра за характером коливань річного стоку.

Авторами М.Г. Сербовим та С.Г. Кіріяк [30] виконано гідрологічне районування рівнинної території України за ландшафтно-гідрологічними характеристиками при застосуванні методу факторного аналізу ( $R$ -модифікації) та кластерного аналізів. Подібний методичний підхід до гідрологічного районування території застосовано В.В. Гребенем [31], але для всієї території України (рівнинної та гірської) при дещо іншому наборі факторів формування максимального стоку весняного водопілля. Л.О. Горбачовою у 2015 р. [32] виконано гідрологічне районування території України за типами внутрішньорічного розподілу водного стоку та у співавторстві з Б.Ф. Христюком у 2016 р. [33] за умовами формування річного стоку води на основі типізації кривих Ендрюса.

Гідрологічне районування території рівнинної України за синхронністю коливань максимального стоку весняного водопілля опубліковано у роботі В.А. Овчарук [34]. Районування виконано при застосуванні сумісного послідовного гідролого-генетичного методу факторного аналізу ( $Q$ -модифікації) та кластерного аналізу.

З метою прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля авторами Є.Д. Гопченко та Ж.Р. Шакірзановою [43] здійснене районування території басейнів річок Верхнього Дніпра, Західної Двіни (Daugava) та Німану по ландшафтно-гідрологічних ознаках при застосуванні методів факторного (на основі  $R$ -модифікації) та кластерного (дистанційного) аналізів.

У подальший період з метою обґрунтування методичної бази для територіального довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок України Ж.Р. Шакірзановою [44] було виконане галузево-прикладне районування за параметрами прогнозно-методики (рівнянь дискримінантної функції і регіональних прогнозних залежностей).

Метою дослідження є гідрологічне районування басейну р. Південний Буг з використанням методів факторного ( $R$ -модифікації) та кластерного аналізу, подібно роботам [30], [31], [43], з виділенням районів з однотипними умовами формування весняних водопіль за комплексом морфометричних характеристик річок та їх басейнів та середньобаторічних гідрометеорологічних та агрометеорологічних чинників (осереднених станом на 2015 р.).

5.4.2 Виявлення основних факторів формування максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг при використанні факторного аналізу

Метод факторного аналізу дозволяє скоротити (стиснути) вихідну інформацію і використовувати факторні навантаження для вибору найбільш значущих на основі  $R$  або  $Q$ -модифікацій статистичної моделі факторного аналізу [36]-[42].

При проведенні факторного аналізу для вибору найбільш значущих гідрометеорологічних чинників формування весняного водопілля в басейні р. Південний Буг автором використані басейнові характеристики та багаторічні гідрологічні та агрометеорологічні характеристики максимального стоку весняного водопілля по 43 гідрологічних постах басейну, які можна віднести до двох груп:

– *перша група* – постійні чинники: географічне положення басейнів (географічна довгота,  $\lambda$ , в долях град сх.д., географічна широта,  $\varphi^o$ , в долях град п.ш.) та морфометричні і гідрографічні характеристики річок та їх водозборів (довжина річки,  $L$ , км, похил річки,  $I$ , ‰, площа водозборів,  $F$ , км<sup>2</sup>, середня висота водозбору,  $H_{сер}$ , м, озерність (озера, водосховища, ставки),  $f_o$ , ‰, заболоченість водозборів,  $f_{\delta}$ , ‰, залісеність водозборів,  $f_{л}$ , ‰) (дод. Е, табл. Е.1);

– *друга група* – змінні гідрологічні та агрометеорологічні характеристики максимального стоку весняного водопілля осереднені в межах річкових водозборів (у вигляді їх середньобагаторічних величин): шари стоку періоду весняного водопілля,  $Y_0$ , мм, величини запасів води в сніговому покриві,  $S_m$ , мм, опади періоду танення снігу,  $X_1$  (опади від дати настання максимальних запасів води в сніговому покриві  $S_m$  до дати завершення сніготанення, що може бути встановлена по даті проходження максимальних витрат води весняного водопілля  $Q_m$ ), мм, опади, що випали після сніготанення,  $X_2$  (опади від дати проходження максимальних витрат води весняного водопілля  $Q_m$  до дати закінчення весняного водопілля), мм, максимальні глибини промерзання ґрунтів,  $L_m$ , см, запаси вологи в шарі ґрунту 0-100 см під озимими культурами, що виміряні наприкінці зими,  $W_{0-100}$ , см.

Визначення перелічених характеристик здійснено за даними багаторічних спостережень Державної гідрометеорологічної мережі.

На першому етапі розрахунків було визначено величини дисперсії факторів та виконано процедуру їх обертання при використанні модульного блоку «Factor Analysis» автоматизованої системи «Statistica» [61].

Факторний аналіз дозволив стиснути вхідну інформацію до двох узагальнених факторів представлених в табл. 5.2.

Встановлені фактори описують 59 % сумарної дисперсії кореляційної

матриці. Аналізуючи результати, представлені у табл. 5.2 можна зробити висновки:

– *перший фактор* показує, що середньобагаторічні шари стоку періоду весняного водопілля залежать головним чином від таких гідрометеорологічних чинників, як географічна широта центрів водозборів, середня висота водозборів, заболоченість, величини запасів води в сніговому покриві, опади періоду танення снігу та максимальні глибини промерзання ґрунтів. На перший фактор припадає 38% сумарної дисперсії всіх факторів;

– *другий фактор* показує тісний зв'язок між такими чинниками, як довжина річки, площа водозборів та кількість опадів, що випали після сніготанення. На другий фактор припадає 21% сумарної дисперсії усіх факторів.

Розрахунки виконувалися на основі  $R$ -модифікації статистичної моделі факторного аналізу, що дозволила виявити найбільш значимі чинники із сукупності ознак і використати факторні навантаження для подальшого угруповання басейнів із застосуванням методу кластерного аналізу [36]-[42].

При цьому, було виконано процедуру обертання факторів, при обраному Varimax-критерію – Varimax normalized. Оскільки, перший та другий фактори описують більше 50 % загальної дисперсії предикторів, було побудовано графік, вісі якого представляють ці два фактори (рис. 5.11).

При роботі з сильно корельованою сукупністю чинників етап побудови факторної моделі (рис. 5.11) є досить корисним, так як полегшує інтерпретацію результатів.

В ідеалі при обертанні факторів бажано отримати такий їх вид, щоб точки (чинники) розташовувалися на кінцях факторних осей з невеликою кількістю точок близько нуля [42].

Таблиця 5.2 – Основні фактори формування максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Південний Буг

№ з/п	Чинники	Фактор 1	Фактор 2
1.	Довгота $\lambda$ в долях град сх.д.	<b>-0,79</b>	0,07
2.	Широта $\varphi^0$ в долях град п.ш.	<b>0,94</b>	0,16
3.	Довжина річки $L$ , в км	0,10	<b>0,86</b>
4.	Похил річки, $I$ , в ‰	-0,13	<b>-0,77</b>
5.	Площа водозборів, $F$ , км <sup>2</sup>	0,14	<b>0,86</b>
6.	Середня висота водозбору, $H_{сер}$ , в м БС	<b>0,95</b>	-0,02
7.	Озерність (озера, водосховища, пруди), $f_{оз}$ , %	0,38	-0,20
8.	Заболоченість водозборів, $f_b$ , %	<b>0,70</b>	0,10
9.	Залісеність водозборів, $f_l$ , %	0,36	-0,15
10.	Величини запасів води в сніговому покриві, $S_m$ , мм	<b>0,90</b>	0,24
11.	Опади періоду танення снігу, $X_1$ , мм	<b>0,94</b>	0,16
12.	Опади, що випали після сніготанення, $X_2$ , мм	-0,11	<b>0,94</b>
13.	Максимальні глибини промерзання ґрунтів, $L_m$ , см	<b>0,70</b>	0,23
14.	Запаси вологи в шарі ґрунту 0-100 см під озимими культурами, що виміряні наприкінці зими, $W_{0-100}$ , см	0,14	-0,13
15.	Середньобагаторічний шар стоку весняного водопілля річок, $Y_0$ , мм	<b>0,70</b>	0,08
Частка у загальній дисперсії:		0,38	0,21

Виходячи з результатів факторних навантажень (табл. 5.2) та виконаної

процедури обертання факторів (рис. 5.11), *головними чинниками формування весняного водопілля* річок басейну Південного Бугу та малих річок між Дністром і Південним Бугом обрано: географічну широту центрів тяжіння водозборів,  $\varphi^o$ , середню висоту водозборів,  $H_{сер}$ , заболоченість,  $f_{\bar{\sigma}}$ , величини запасів води в сніговому покриві  $S_m$ , опади періоду танення снігу,  $X_1$ , та максимальні глибини промерзання ґрунтів  $L_m$ .

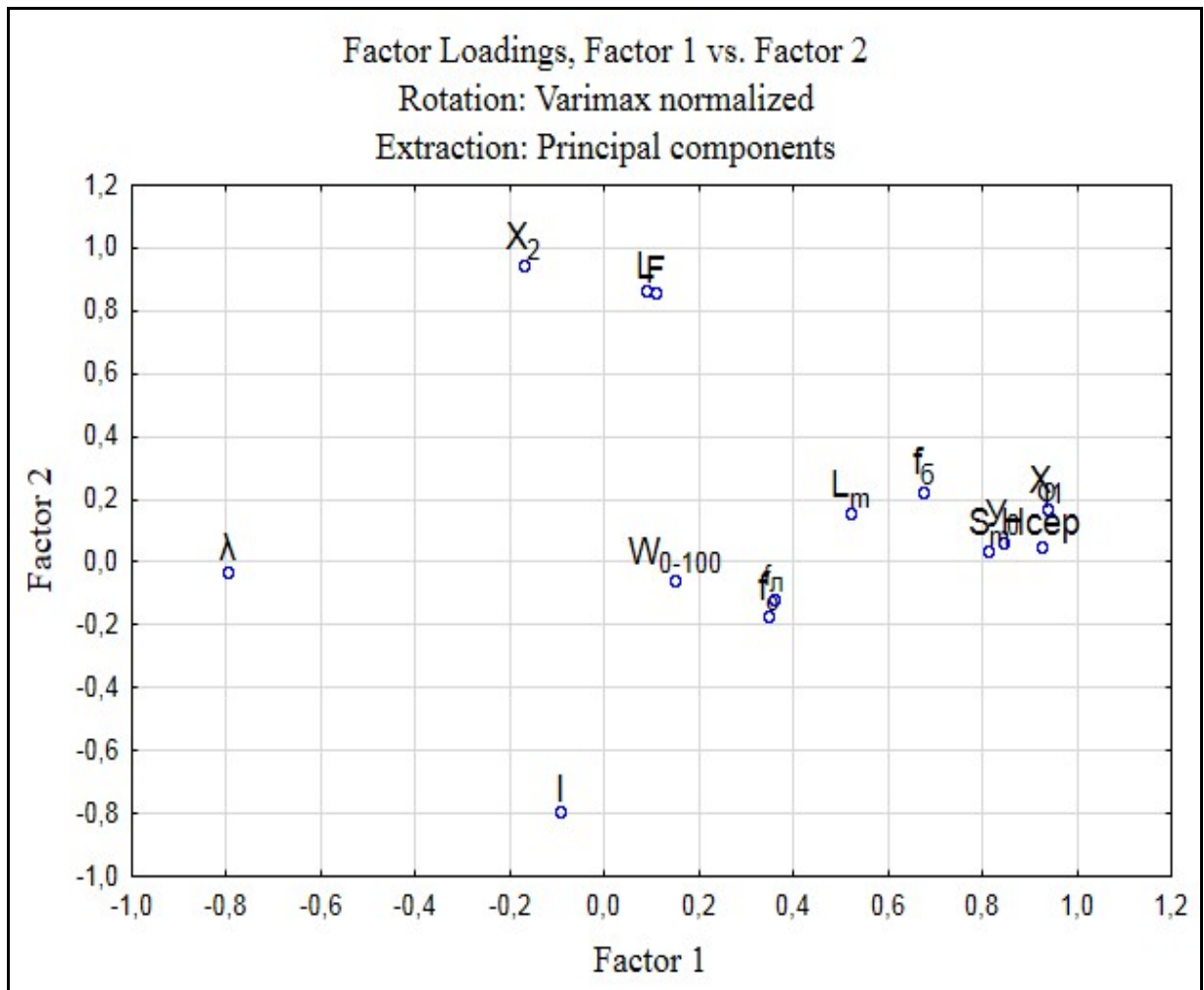


Рисунок 5.11 – Графічна схема кореляційної структури факторів формування весняного водопілля в басейні р. Південний Буг

### 5.4.3 Гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок при використанні кластерного аналізу

Наступним етапом дослідження було отримання угруповань басейнів р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом у вигляді деревовидної структури для виділення окремих гідрологічних районів та підрайонів на основі встановлених головних факторів формування стоку. Угрупування проведено за допомогою автоматизованої системи «Statistica» [61], модульного блоку «Cluster Analysis».

За головними чинниками (факторами) формування весняного стоку, що фіксуються на гідрологічних постах, було здійснено їх об'єднання за допомогою алгоритму деревоподібної кластеризації у вигляді транспонованої матриці – дендрограми ієрархічної структури групування гідрологічних постів (рис. 5.12). Дендрограма кластерного аналізу (рис. 5.12) об'єднала гідрологічні пости річкових басейнів у вигляді ієрархічної структури групування, які формують окремі гідрологічні райони та підрайони.

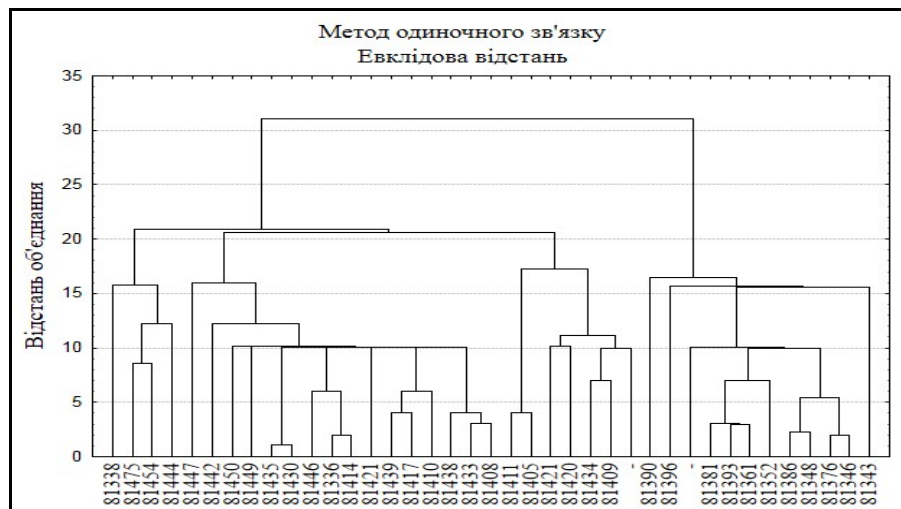


Рисунок 5.12 – Дендрограма ієрархічної структури групування гідрологічних постів в басейні р. Південний Буг



Групування гідрологічних постів по приналежності до гідрологічного району за умовами формування весняного водопілля річок представлено в (дод. Е, табл. Е.2). В результаті районування території було виділено два гідрологічних райони з підрайонами. Перший район охоплює територію від витoku до створу на р. Південний Буг – с. Тростянчик. Нижче по течії і до гирла річки територія охоплює другий район, який поділився на три підрайони [68] (рис. 5.13).

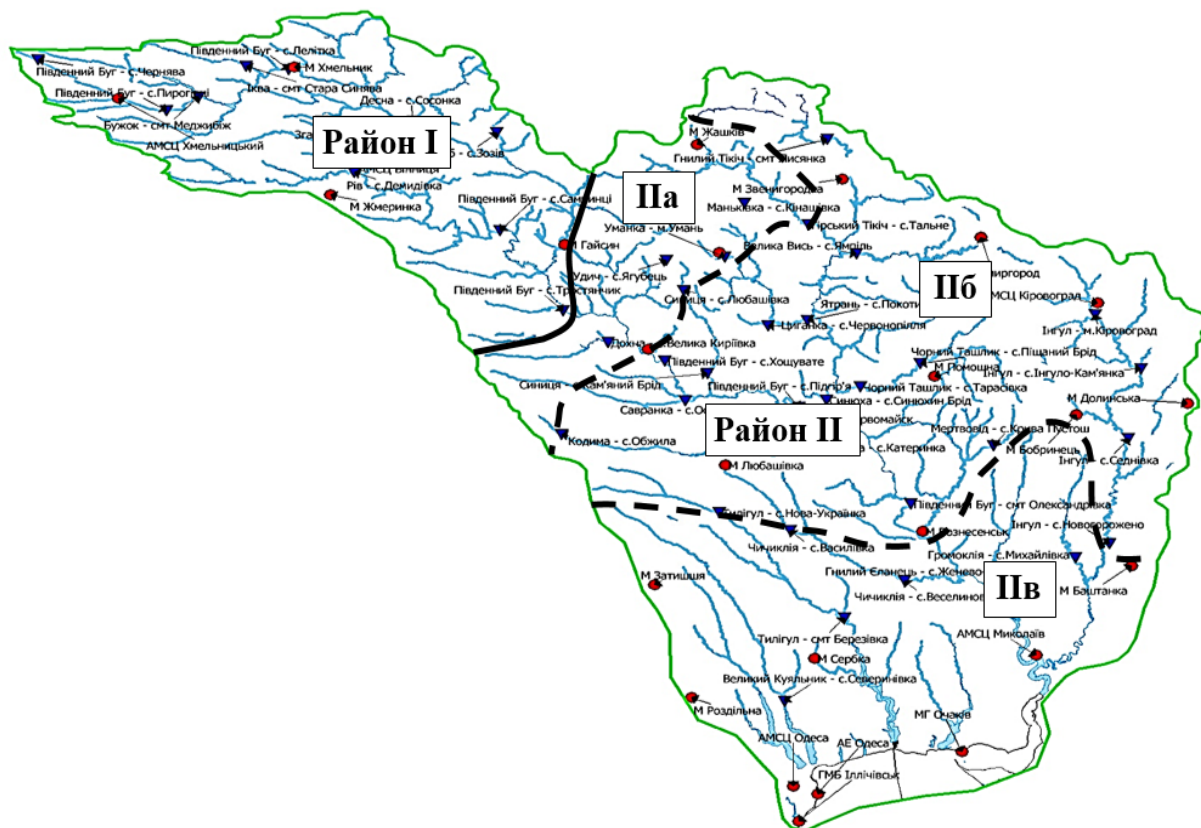


Рисунок 5.13 – Картосхема гідрологічного районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок

Відповідно [56], [57] жоден з методів районування території не дозволяє з достатнім ступенем точності провести межі виділених районів. Межі гідрологічних районів, як правило, проводяться переважно по вододілах річок, що

належать згідно кластерного аналізу до однієї групи. На сьогодні, вододіли річок визначаються при використанні топографічних карт побудованих за допомогою геоінформаційних систем (ГІС-технологій). При вимушеному перетині водозбору межами виділеного району (коли цілісний водозбір згідно кластерного аналізу відноситься до різних районів) до аналізу залучають географічні карти орографії, рослинності, геології та ін.

Межі гідрологічних районів в басейні р. Південний Буг проведено по вододілам річок з залученням до аналізу карт ґрунтового покриву, рослинності території [63], [64] та враховуючи фізико-географічне районування території [65].

Здійснене у дисертаційному дослідженні гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок (рис. 5.13) добре узгоджується з районуванням рівнинної території України [30], ландшафтно-гідрологічним районуванням України [31] та районуванням території рівнинної України за синхронністю коливань максимального стоку весняного водопілля [34]. Слід зазначити, що виконане у даній роботі районування дещо відрізняється від попереднього галузевого-прикладного районування рівнинної території України при довгостроковому прогнозуванні характеристик весняного водопілля рівнинних річок України, виконаного за даними по 2000 рік [44]. Застосування у дисертаційній роботі статистичних методів дозволило уточнити межі існуючих районів [30], [31], [34], [44] та виділити нові підрайони в басейні р. Південний Буг.

Дане гідрологічне районування буде покладено в основу узагальнення параметрів прогнозної методики довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля в басейні р. Південний Буг із визначенням основних гідрометеорологічних чинників, що беруть участь у формуванні стоку річок, складанні вектор-предиктору дискримінантної функції, регіональних прогностичних залежностей та узагальненні параметрів прогнозної методики.

## 5.5 Врахування комплексу гідрометеорологічних чинників при прогнозуванні типу водності весняного водопілля в басейні р. Південний Буг та методика їх визначення

Для розробки методики довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля (шарів стоку та максимальних витрат води) в басейні р. Південний Буг обрано 12 опорних гідрологічних постів та залучено два поста території басейнів річок між Дністром та Південним Бугом (рр. Тилігул і Великий Куяльник). Вибір 12-ти гідрологічних постів на головній річці і притоках в басейні р. Південний Буг обумовлено їх рівномірним розташуванням по території басейну та приналежності річкових водозборів до виділених однорідних за умовами формування весняних водопіль районів (рис. 5.13). Необхідною умовою є наявність в межах водозбору однієї і більше метеорологічних станцій. Додаткові два поста території басейнів річок між Дністром та Південним Бугом (р. Тилігул – с. Березівка та р. Великий Куяльник – с. Северинівка) залучено у зв'язку рідкою мережею гідрометеорологічних спостережень на півдні досліджуваної території. Таким чином, всього для розробки методики було залучено 14 гідрологічних постів для яких створено регіональну базу вихідної інформації (табл. 5.3).

Розрахунковий період при розробці методики обумовлено наявністю спільних спостережень за стоковими характеристиками, метеорологічними та агрометеорологічними чинниками весняного водопілля. При цьому, залучена режимна вихідна гідрологічна та агрометеорологічна інформація Державної гідрометеорологічної мережі про запаси води в сніговому покриві, атмосферні опади, температури повітря, запаси вологи в метровому шарі ґрунту, глибини промерзання ґрунтів, витрати води річок у зимово-весняний період, шари стоку і максимальні витрати води та строки проходження весняних водопіль.

Таблиця 5.3 – Опорні гідрологічні пости в басейні р. Південний Буг в межах районування за умовами формування весняного водопілля річок

№ з/п	Річка-пост	Приналежні метеостанції
Район І		
1.	Південний Буг – с. Пирогівці	Хмельницький
2.	Південний Буг – с. Тростянець	Хмельницький, Хмільник, Вінниця, Жмеринка, Липовець, Гайсин
3.	Рів – с. Демидівка	Жмеринка
Район ІІ		
підрайон Іа		
4.	Савранка – с. Осички	Крижопіль, Гайворон
підрайон Іб		
5.	Південний Буг – с. Підгір'я	Хмельницький, Хмільник, Вінниця, Жмеринка, Липовець, Гайсин, Гайворон, Крижопіль
6.	Кодима – с. Катеринка	Любашівка
7.	Синюха – с. Синюхін Брід	Жашків, Звенигородка, Умань, Новомиргород, Помошна, Первомайськ
8.	Велика Вись – с. Ямпіль	Новомиргород
9.	Ятрань – с. Покотилове	Умань
10.	Чорний Ташлик – с. Тарасівка	Помошна
11.	Інгул – м. Кропивницький	Знам'янка
підрайон Ів		
12.	Інгул – с. Новогорожено	Знам'янка, Долинська, Бобринець
13.	Тилігул – с. Березівка	Любашівка
14.	Великий Куяльник – с. Северинівка	Затишся, Роздільна

Опираючись на те, що спільний надійний період спостережень за опублікованими гідрометеорологічними характеристиками починається з 1966 р., для розробки методики було прийнято 50-ти річний період спостережень – з 1966 р. по 2015 р. Але слід звернути увагу, що для визначення середньобагаторічних значень стокових величин характеристик використано наявний (у [66]) ряд спостережень – з початку спостережень по 2015 р. включно.

На умови формування та розміри весняних водопіль впливає комплекс гідрометеорологічних чинників, які при різних комбінаціях чи сполученнях призводять до формувань водопіль різної водності.

Так, у роботі [16] встановлено, що на річках басейну Південного Бугу шари стоку  $Y_m$  та максимальні витрати води  $Q_m$  весняного водопілля залежать від низки чинників формування річкового стоку: максимальних запасів води в сніговому покриві  $S_m$ , мм, суми дощових опадів періоду танення снігу  $X_1$ , мм, суми дощових опадів періоду спаду весняного водопілля  $X_2$ , мм, максимальної глибини промерзання ґрунтів  $L_m$ , см, передпаводкової витрати води  $Q_{пв}$ , м<sup>3</sup>/с, середньомісячної температури повітря лютого місяця,  $\Theta_{II}$ , °С. Ці фактори добре корелюють з характеристиками максимального стоку весняного водопілля, проте не встановлено з якою вагою кожен з них впливає на об'єм весняного стоку. Виявлення найбільш значимих факторів, що впливають на формування весняного стоку є вкрай важливим завданням, тому що часто їх величини не відомі на дату випуску прогнозу, підлягають попередньої оцінки, що впливає на точність і справджуваність прогнозів.

Виявлення угруповань типу водності водопіль було здійснено за комплексом гідрометеорологічних чинників. Враховуючи різноманітність умов формування стоку весняного водопілля виконаний ретельний аналіз різних гідрометеорологічних чинників весняного водопілля в різних, однорідних за

умовами формування весняного стоку районах розглядуваної території. Для визначення головних чинників формування весняного стоку на басейнах річок розглядуваної території був використаний метод факторного аналізу. При цьому, результати встановлення головних гідрометеорологічних чинників весняного стоку річок басейну Південного Бугу показали, що найбільші факторні навантаження на шар стоку весняного водопілля  $Y_m$  мають максимальні запаси води в сніговому покриві  $S_m$ , опади періоду весняного водопілля  $X_1$  та максимальні глибини промерзання ґрунтів  $L_m$  (табл. 5.2).

Для встановлення гідрометеорологічних чинників для виявлення угруповань типу водності водопіль (високих, середніх або низьких) було використано апарат дискримінантної функції – багатовимірної статистичної моделі, яка дозволяє за комплексом гідрометеорологічних чинників (вектор-предиктором), що впливають на формування процесу, поділити вихідну вибірку на групи або класи [38]-[40], [42] [67]-[69].

*Визначення основних гідрометеорологічних чинників вектор-предиктору дискримінантної функції.* Серед основних гідрометеорологічних чинників, що сформували вектор-предиктор найбільш надійно можуть бути встановлені шляхом їх вимірювання запаси води в сніговому покриві  $S_m$  та глибини промерзання ґрунтів  $L_m$  (як показник втрат води на інфільтрацію в період формування на басейнах весняного стоку річок). Дощові опади  $X_1$ , які випадають невідомі до початку весняного водопілля та враховуються в прогностичній схемі, за рекомендаціями автора [44], у вигляді нормованої величини з врахуванням метеорологічного прогнозу (як опади вище, близькі або нижче за норму).

Розподіл снігу на поверхні досліджуваного водозбору має нерівномірний характер і безперечно залежить від типу підстильної поверхні і метеорологічних умов періоду снігонакопичення в кожному конкретному році. Враховуючи

нерівномірність снігонакопичення в полі і лісі середні зважені значення максимальних запасів води в сніговому покриві,  $S_{m_n}$ , мм, на водозборах визначаються за формулою [70], [71]

$$S_m = S_{m_n} \cdot (1 - f_l) + k_l \cdot S_{m_n} \cdot f_l, \quad (5.1)$$

де  $S_m$  – значення середніх на водозборі максимальних запасів води в сніговому покриві, мм;

$S_{m_n}$  – середні значення максимальних запасів води в сніговому покриві (виміряні у полі), мм,

$k_l$  – коефіцієнт снігонакопичення у лісах різної породи,

$f_l$  – залісеність водозборів (в частках від площі водозборів).

За експериментальними дослідженнями встановлено [70]-[74], що на початку весни снігу в лісі накопичується більше, ніж у полі. Про це свідчать значення коефіцієнтів снігонакопичення  $k_l$  у лісах різної породи в різних фізико-географічних зонах отриманими авторами [43], [75]-[80], у тому числі і автором дисертаційного дослідження [81].

Так, за даними паралельних снігозйомок у полі та лісі, що здійснюють 6 метеостанцій в басейні Південного Бугу, за період з 1960 по 2015 рр. побудовано зв'язок максимальних запасів води в сніговому покриві у полі та лісі (рис. 5.14).

Зв'язок показав, що снігонакопичення у лісі на 18 % більше ніж у полі. Коефіцієнт кореляції при цьому становить 0,76. В середньому для басейну Південного Бугу значення  $k_l$  прийнято рівним 1,18 [81]. Узагальнені авторами [43] в табл. 5.4 значення коефіцієнтів снігонакопичення  $k_l$  в лісах різної породи в різних фізико-географічних зонах були доповнені автором роботи по

сучасним даним снігозйомок. Так, в хвойних лісах вони менші і змінюються від 1,08 до 1,23, в мішаних – значення дещо більші (1,16 – 1,39).

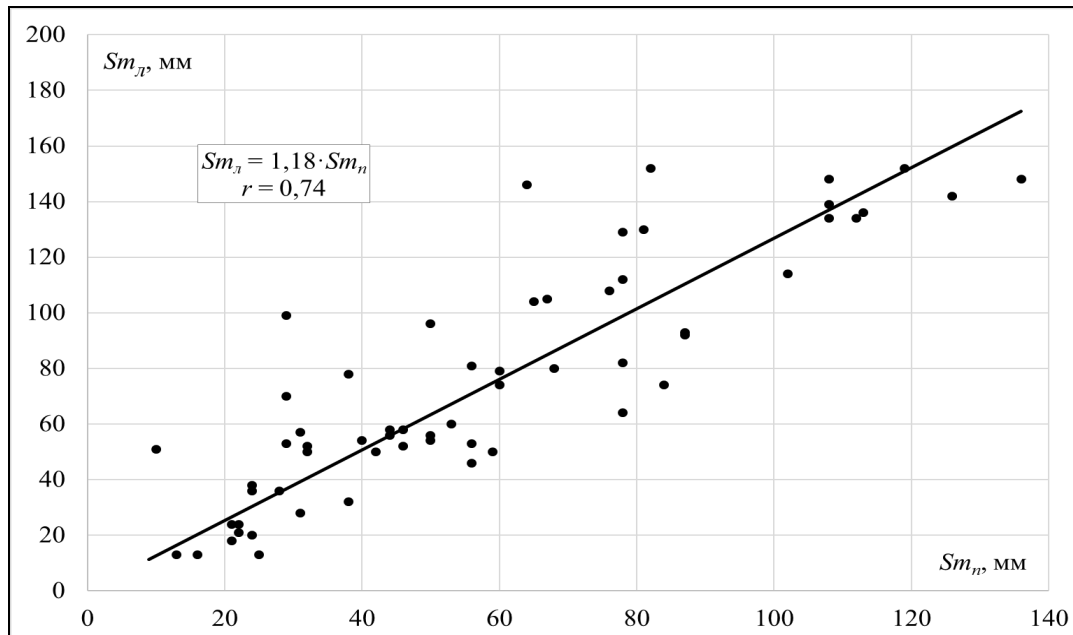


Рисунок 5.14 – Зв'язок максимальних запасів води в сніговому покриві у полі  $Sm_n$  та лісі  $Sm_l$  в басейні р. Південний Буг

Слід зазначити, що в лісах будь-яких порід снігу може накопичуватися менше, ніж в полі [72]. Це може бути викликано затримуючим впливом крон дерев, меншою щільністю снігу в лісі при максимальній висоті снігового покриву, що перевищує цю висоту в полі та наявністю крижаної кірки в полі, що значно збільшує загальні запаси води на басейні перед початком весняного сніготанення.

Для аналізу зміни запасів води в сніговому покриві, які накопичуються на водозборах перед початком весняного водопілля доцільно у кожному році будувати картосхеми їх розподілу по території, що є основою при складанні територіальних прогнозів характеристик стоку весняного водопілля.



Таблиця 5.4 – Значення коефіцієнтів снігонакопичення в лісі  $k_L$ 

Район дослідження	Порода лісу				Автори дослідження
	хвойний (вік)			мішаний	
	20-40 років	40-50 років	50-60 років		
басейн Верхнього Дніпра	1,23	1,16	1,08	1,39	В.В. Салазанов [76]
басейни рр. Сож, Верхній Дніпро				1,31	Л.Т. Пашова [77]
басейни річок Березини, Друти				1,13	Л.Т. Пашова [77]
басейн р. Немана				1,13	Е.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакірзанова [43]
басейни річок Білорусі	1,15	1,15	1,08	1,16	Е.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакірзанова [43]
				1,12-1,20	П.В. Грун, Ю.Д. Сироткін [79]
				1,21	В.В. Рахманов [75], А.Б. Крижановська [78]
басейн р. Дністер				1,29	В.А. Овчарук, А.В. Траскова [80]
басейн р. Південний Буг				1,18	Ж.Р. Шакірзанова, А.О. Казакова (Докус) [81]

Максимальні запаси води у сніговому покриві перед весняним водопіллям у прогнозу схему включаються у вигляді модульних коефіцієнтів, тобто по відношенню до їх середньобаторічних значень (норми) [43], [44]

$$k_S = \frac{S_m}{S_0}, \quad (5.2)$$

де  $S_0$  – середньобагаторічні значення (норма) максимальних запасів води на водозборі, мм.

Величини  $S_{0n}$  картовано у вигляді рис. 5.15, значення змінюються в широтному напрямку з північного-заходу – від 60-50 мм на південь до 30-25 мм [82].

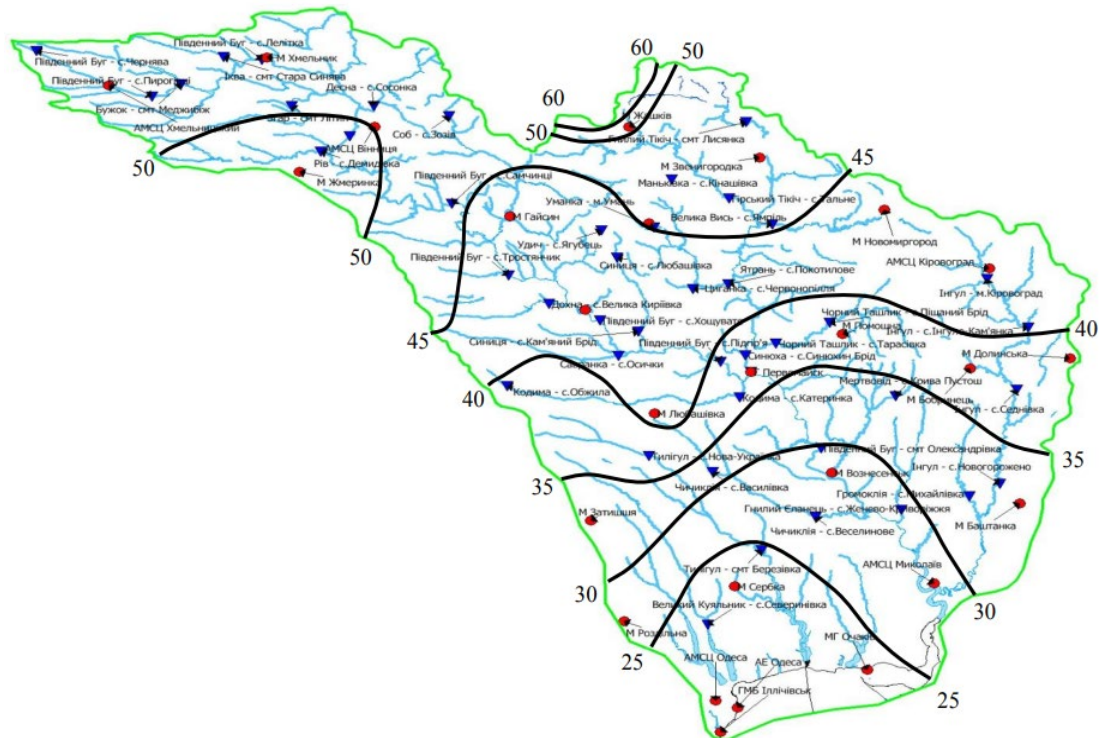


Рисунок 5.15 – Розподіл середніх багаторічних максимальних запасів води в сніговому покриві у полі в басейні р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом, мм

Важливим питанням при складанні прогнозу стоку весняного водопілля річок в будь-яку календарну дату є визначення середньобагаторічної добавки  $\Delta \bar{S}$ , мм, яка враховується при встановленні величин максимальних снігозапасів  $S_m$  [44]. Автором [44] запропоновано середньобагаторічні добавки

до максимальних запасів води в сніговому покриві встановлювати за регіональним рівнянням

$$\Delta\bar{S} = b + a \cdot (\varphi' - 50), \quad (5.3)$$

де  $\varphi'$  – географічна широта метеостанцій, в частках  $^{\circ}$  півн. ш.

Коефіцієнти  $a$  і  $b$  у формулі (5.3) визначені для календарних дат випуску прогнозів шляхом побудови узагальнених залежностей від кількості діб від 1 лютого до ДВП (дати випуску прогнозу), орієнтуючись на метеорологічний прогноз температури повітря.

Умови введення добавки  $\Delta\bar{S}$  і регіональні рівняння для визначення коефіцієнтів рівняння (5.3), узагальнених для всієї рівнинної території України (у т.ч. для басейну Південного Бугу) наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Середньобагаторічні добавки снігу до максимальних запасів води в сніговому покриві  $\Delta\bar{S}$  [44]

Умови введення добавки ( $\Delta\bar{S}$ ) в залежності від очікуваної температури повітря в лютому $\Theta_{02}$ або березні $\Theta_{03}$		$\Delta\bar{S}$	Значення коефіцієнтів рівняння (5.3)	
ДСП: до дати 20 лютого	ДСП: від дати 20 лютого і пізніше		$a$	$b$
$\Theta_{02,03} \leq (\bar{\Theta}_{02,03} - 1^{\circ}C)$	$\Theta_{03} \leq (\bar{\Theta}_{03} - 1^{\circ}C)$	$\Delta\bar{S}_1$	2,14-0,074 <i>Д</i>	7,47-0,25 <i>Д</i>
$(\Theta_{02,03} + 1^{\circ}C) > \Theta_{02,03} > (\Theta_{02,03} - 1^{\circ}C)$	$(\Theta_{03} + 1^{\circ}C) > \Theta_{03} > (\bar{\Theta}_{03} - 1^{\circ}C)$	$\Delta\bar{S}_2$	3,38-0,109 <i>Д</i>	20,4-0,61 <i>Д</i>
$\Theta_{02,03} \geq (\bar{\Theta}_{02,03} + 1^{\circ}C)$	$\Theta_{03} \geq (\bar{\Theta}_{03} + 1^{\circ}C)$	$\Delta\bar{S}_3$	3,27-0,086 <i>Д</i>	26,8-0,55 <i>Д</i>

де  $Д$  – кількість діб від 1 лютого до ДВП (дати випуску прогнозу).

До вектор-предиктору, як один з головних факторів (за результатами факторного аналізу), що формує весняний стік в басейні р. Південний Буг, включено дощові  $X_1$ . При розробці методики прогнозу розрахунок середніх на водозборі опадів  $X_1$  в кожному році ведеться, як середнє їх значення за вимірами в пунктах спостережень. Відповідно аналізу багаторічних даних, які отримані по 25 метеостанціям розташованим в басейні р. Південний Буг, в середньому на водозборі опади періоду весняного водопілля змінюються від 15 до 33 мм [16], [82].

Оскільки на дату випуску прогнозу дані про величини дощових опадів  $X_1$  відсутні, в прогнозній схемі їх величини можуть бути оцінені таким чином [44]:

- або за середньобагаторічним значенням (нормою) дощових опадів  $X_1$ ;
- або з урахуванням метеорологічного прогнозу, як опади, що очікуються вище, на рівні або нижче середньобагаторічних значень (норми) шляхом введення відповідного коефіцієнту  $k_1$  до норм опадів  $X_{1_0}$

$$X_1 = k_1 \cdot X_{1_0}. \quad (5.4)$$

Коефіцієнт  $k_1$  приймається відповідно метеорологічного прогнозу з табл. 3.4.

В прогнозній методиці, як і інші стокоформуючі чинники весняного водопілля, опади  $X_1$  включають у вигляді їх модульних коефіцієнтів. В такому разі необхідним є визначення середньобагаторічних величин опадів  $X_{1_0}$ . Розрахунок середньобагаторічних величин дощових опадів  $X_{1_0}$  виконано в роботі [44] для рівнинної території України (у т.ч. для басейну р. Південний

Буг) за залежністю середньобагаторічних величин дощових опадів  $X_{10}$  від середньої тривалості періоду їх випадіння  $T_{X_1}$

Таблиця 3.4 – Встановлення коефіцієнту  $k_1$  з урахуванням метеорологічного прогнозу опадів  $X_1$  для рівнинної території України [44]

Умови введення коефіцієнту $k_1$ до норм дощових опадів $X_{10}$	Коефіцієнти до норм опадів у формулі (5.4)
Опади вище норми: ( $X_1 > X_{10} + 10$ мм)	$k_1 = 1,83 - 0,055 (\varphi^0 - 50)$
Опади біля до норми: [ $(X_{10} + 10$ мм) $\geq X_1 \geq (X_{10} - 10$ мм)]	$k_1 = 0,84 + 0,009 (\varphi^0 - 50)$
Опади нижче норми: ( $X_1 < X_{10} - 10$ мм)	$k_1 = 0,29 + 0,029 (\varphi^0 - 50)$

де  $\varphi^0$  – широта геометричних центрів тяжіння водозборів, в частках град. півн.ш.

$$X_{10} = 0,77 \cdot T_{X_1} + 7, \quad (5.5)$$

де  $T_{X_1}$  (діб) – середня тривалість періоду дощових опадів, яка визначається за регіональною формулою виду

$$T_{X_1} = 2,0 \cdot (\varphi^0 - 48) + 24. \quad (5.6)$$

Чинником, який в басейні р. Південний Буг визначає втрати води на інфільтрацію в ґрунт в період весняного сніготанення є максимальні (наприкінці зими) глибини промерзання ґрунтів  $L_m$ , см (під озимими культурами), які



## 5.6 Створення регіональної бази вихідної гідрологічної інформації періоду меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг

### 5.6.1 Збір вихідної інформації по витратах води в період літньо-осінньої для розробки методики прогнозів стоку річок меженного періоду Південного Бугу

Для розробки методики прогнозів стоку річок меженного періоду Південного Бугу при використанні даних стокових спостережень (витрат води) за період 2002 по 2018 [1], [8] та за допомогою автоматизованого робочого місця гідролога (АРМ Гідро) [83], а саме були взяті дані про щоденні та середньопентадні витрати води за період літньо-осінньої межени (період з 30.06 до 31.10) для 5 гідрологічних постів: р.Півенний Буг (Селище – Тростянчик - Підгір'я – Олександрівка та с.Синюха - Синюхін Брід. Сформована база вихідних даних в середовищі EXEL.

### 5.6.2 Підготовка і формування бази вихідних даних для побудови прогнозних залежностей в період літньо-осінньої межени

В основу прогнозу витрат води покладено рішення рівняння водного балансу. Прогнозна величина стоку за якийсь відрізок часу може бути представлена у вигляді [70],[71]

$$\sum_n^{n+t} Q \Delta t = W_C + W_B - P_T + W + \sum_n^{n+t} Q_n \Delta t + \sum_n^{n+t} Q_D \Delta t , \quad (5.8)$$

де  $\sum_n^{n+t} Q \Delta t$  стік за час  $t$ ;

$n$  - дата випуску прогнозу;

$W_C, W_B, W$  — відповідно запаси води в сніговому покриві, на поверхні басейну і в русловій мережі в момент часу  $n$

$\sum_n^{n+t} Q_n \Delta t$  - стік підземних вод за час від дати  $n$  до дати  $n+t$ ;

$\sum_n^{n+t} Q_D \Delta t$  - стік, який викликаний опадами за час від  $n$  до дати  $n+t$ ;

$P_T$  - втрати талого стоку, якщо сніг в басейні повністю тане.

Практично розробка методики прогнозу полягає в будові кореляційних залежностей типу [70],[71],[84],[85]

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t), \quad (5.9)$$

де  $\bar{Q}_{t+\Delta t}$  – середня витрата води за період часу  $t + \Delta t$ , м<sup>3</sup>/с;

$Q_t$  – витрата води у замикаючому створі річки на дату випуску прогнозу  $t$ , м<sup>3</sup>/с;

Період часу  $t + \Delta t$  прийнятий за одну пентаду.

Об'єм води в русловій мережі басейну Південного Буга можна визначити як суму об'ємів на окремих ділянках, на які підрозділяється руслова мережа даного басейну за формулою:

$$W_t = \sum_{i=1}^n (W_i)_t, \quad (5.10)$$

де  $W_t$  – сумарний об'єм води в русловій мережі басейну і момент  $t$ ;

$(W_i)_t$  - об'єм води в русловій мережі  $i$ -тої ділянки в цей же момент часу.



А запас води в русловій мережі на кожній ділянці розраховується за формулою

$$W = \bar{\tau} Q_{cp} , \quad (5.11)$$

де  $\bar{\tau}$  - середній час руслового добігання на ділянці;

$Q_{cp}$  - середня витрата води на ділянці.

Прогноз середньопентадних витрат води для р. Південний Буг складається 30(31), 5, 10, 15, 25 числа кожного місяця на подальшу пентоду. Для складання прогнозу необхідно визначити руслові запаси води ( $W_t$ ) до Олександрівки:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 , \quad (5.12)$$

де  $W_1, \dots, W_5$  - об'єми руслових запасів води на окремих ділянках річки.

Основною при розробці прогнозу витрат води для р. Південний Буг є карта ізохрон руслового добігання води у басейні до замикаючого створу, яка є вихідною в даній роботі (рис.5.17).

В результаті роботи були проведені розрахунки руслових запасів в басейні р. Південний Буг за виведеною формулою для ділянок Селище – Тростянчик - Підгір'я – Синюхін Брод - Олександрівка:

$$W = 2,30Q_C + 1,85Q_T + 0,80Q_{П} + 2Q_{СБ} + 0,5Q_{Ол} . \quad (5.13)$$

Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в період літньо-осінньої межени для р. Південний Буг за період з 2002 по 2018 роки представлена на рис. 5.18. Залежності для місяців періоду межени надані окремо рис.5.19.

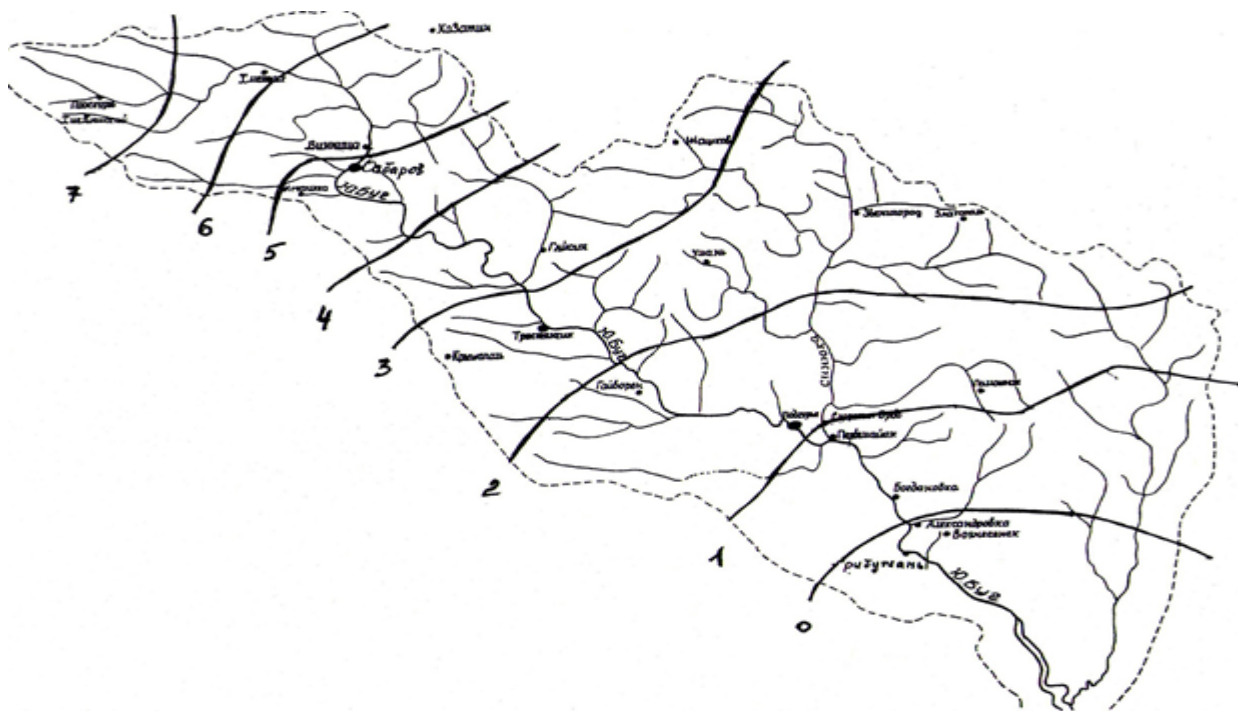


Рисунок 5.17 – Карта-схема ізохрон руслового добігання р. Південний Буг

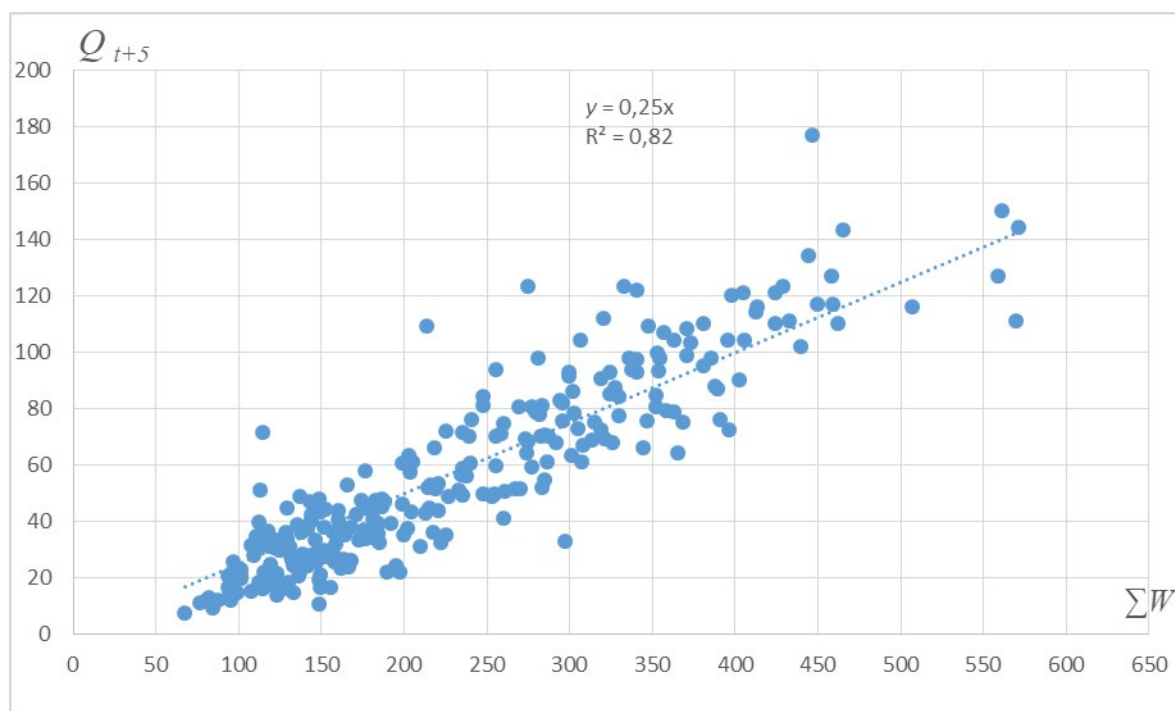
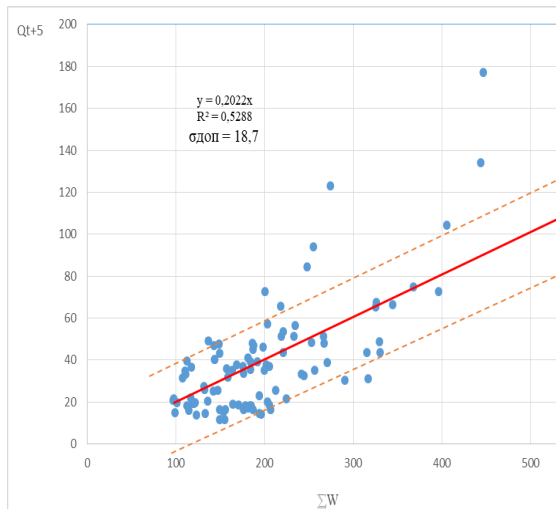
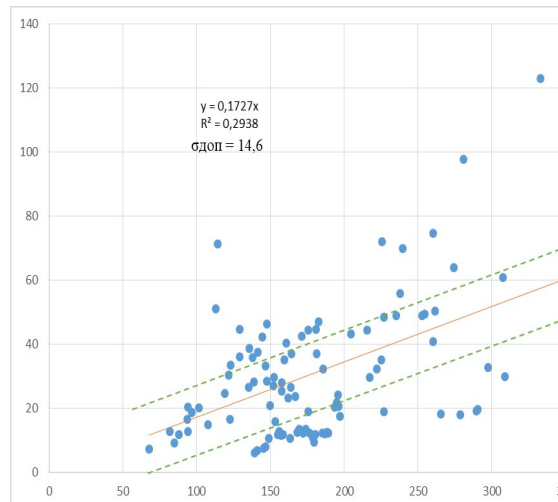


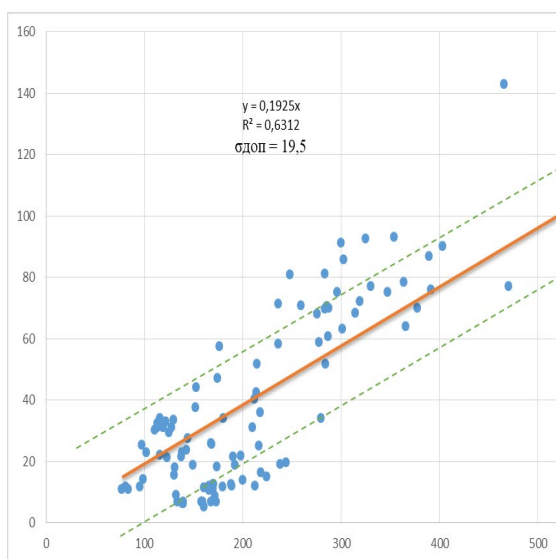
Рисунок 5.18 - Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в період літньо-осінньої межени в басейні р.Південний Буг- смт Олександрівка



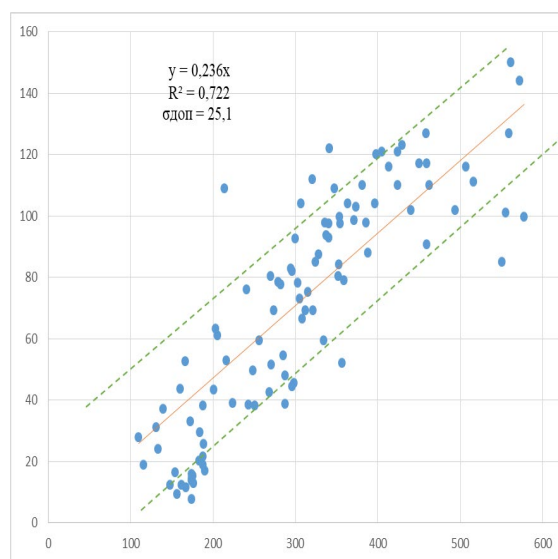
липень



серпень



вересень



жовтень

Рисунок 5.19 - Залежності середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі за певні місяці на р. Південний Буг – смт. Олександрівка

5.6.3 Розрахунок статистичних характеристик часових рядів меженного стоку річок (середньоквадратичного відхилення та допустимої похибки прогнозів)

Відповідно до «Наставлення по службе прогнозів» практична здатність методики прогнозу вирішується при встановленні ступеня її точності й ефективності [86], [87].

Середнє квадратичне відхилення  $\sigma$  прогнозованого елементу від норми обчислюється по формулі (5.14). Середнє квадратичне відхилення змін прогнозованої величини за період завчасності прогнозу від норми цих змін від норми в роботі обчислюється по формулі [86], [87]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}}, \quad (5.14)$$

де  $\Delta_i$  – зміна прогнозованої величини за період завчасності прогнозу (різниця між кінцевим та початковим значенням);

$\bar{\Delta}$  - середнє значення цих змін;

$n$  – число членів ряду.

Методика прогнозу може вважатися практично ефективною, якщо похибки прогнозу не перевищують допустиму ( $\delta_{дон.}$ ).

Виходячи з припущення про те, що похибка будь-якого прогнозу випадкова, а розподіли похибок підпорядковуються нормальному закону, за припустиму похибку приймається ймовірне відхилення значень прогнозованого елементу (наприклад, шару стоку) від середнього у вигляді [86], [87]

$$\delta_{доп.} = \pm 0,674\sigma . \quad (5.15)$$

Мірою точності методики прогнозу є середня квадратична похибка перевірених прогнозів ( $S$ ), яка при числі членів ряду не менше 25 обчислюється як [86], [87]

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_i')^2}{n}} . \quad (5.16)$$

Тут  $Q_i$  і  $Q_i'$  - спостережене і передбачене значення гідрологічного елементу, відповідно.

За критерій якості методики прогнозів приймається [86]- [88] відношення середньої квадратичної похибки  $S$  до середнього квадратичного відхилення  $\sigma_{\Delta}$ . Методика прогнозу є прийнятною для практики, якщо забезпеченість припустимої похибки перевірочних прогнозів не менше, ніж на 10% перевищує забезпеченість ймовірного відхилення прогнозованої величини від його норми. Результати перевірих прогнозів представлені у зведеній табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Оцінка територіальної методики прогнозу середньопентадних витрат води від запасів води р. Південний Буг – смтОлександрівка (2002-2018 рр.)

Місяць	$S, \text{ м}^3/\text{с}$	$\sigma, \text{ м}^3/\text{с}$	$S/\sigma$	$\delta_{доп}, \text{ м}^3/\text{с}$	P%
Липень	14,7	27,7	0,53	18,7	88
Серпень	11,7	21,7	0,54	14,6	81
Вересень	11,5	27,9	0,41	19,5	91
Жовтень	13,0	29,8	0,44	25,1	89
Загальний	14,2	33,5	0,42	22,6	92

Отже методика прогнозу середньопентадних витрат води за осінній періоди у басейні Південний Буг – смт Олександрівка оцінюється як добра, так як забезпеченість допустимої похибки Р складає більше 80% (від 81% до 92%), а критерій якості та ефективності методики відношення не перевищує 0,6 (0,41-0,54) [86], [87].

## 6. ПРОСТОРО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ТА ГІДРОХІМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО ПРИДУНАЙСЬКОМУ РЕГІОНУ УКРАЇНИ. ВОДНИЙ БАЛАНС ОЗЕР

Даний розділ присвячений питанням просторо-часового аналізу гідрометеорологічної та гідрохімічної інформації по придунайському регіону України, створення регіональної бази вихідних даних, статистичного аналізу та обробки часових рядів на матеріалах сучасних спостережень, узагальнення статистичних параметрів по території. Розглянуті такі основні питання:

- стан гідрометеорологічної мережі спостережень придунайського регіону України; створення регіональної бази та статистична обробка часових рядів гідрометеорологічних даних для розрахунків водного балансу водойм (на прикладі озера Катлабух); збір та статистична обробка багаторічних рядів стоку води, дослідження водного режиму р. Дунай (українська частина від м.Рені до м.Ізмаїл);
- просторовий аналіз природного середовища для формування гідрохімічного режиму в озері Ялпуг-Кугурлуй;
- гідрохімічна характеристика озера Ялпуг-Кугурлуй;
  - аналіз гідрохімічних показників якості води гідрохімічних показників якості води малих річок, що належать до басейну озера Катлабух.

6.1 Створення регіональної бази для розрахунків водного балансу озер, статистична обробка часових рядів вихідної гідрометеорологічної та їх узагальнення для придунайського регіону України

Для можливості вирішення питань, які пов'язані з відновленням та майбутньою підтримкою сприятливих умов функціонування придунайських

водойм (на прикладі озера Катлабух) в сучасних умовах їх експлуатації, описаних авторами дослідження у роботі [1],[2], у цьому розділі проведені дослідження щодо розрахунків водних балансів озера, а саме статистична обробка часових рядів гідрометеорологічних характеристик, які є складовими балансового рівняння.

До приходної частини водного балансу озера відносяться: атмосферні опади ( $V_p$ ), поверхневий стік малих річок ( $V_r$ ), приплив ґрунтових вод по периметру водойми ( $V_{gr}$ ), дренажні води зрошувальних систем ( $V_{dr}$ ), наповнення озера Дунайською водою ( $V_D$ ) при її надходженні самопливним шляхом та скидів озерних вод восени та при регулюванні шлюзами.

Витратна частина водного балансу вміщує такі її складові, як випаровування ( $V_{E_i}$ ), об'єм транспірації водною рослинністю ( $V_{tri}$ ), об'єм фільтрації ( $V_{fi}$ ), сумарний забір води з озер а( $V_{zi}$ ), скиди води у р. Дунай ( $V_{Di}'$ ), підтримкарівнівсистеми озер Лунг – Саф'ян ( $V_{Ozi}$ ).

Здійснено збір та статистичну обробку багаторічних рядів рівнів та витрат води, дослідження водного режиму р. Дунай (на ділянці від м.Рені до м.Ізмаїл), як основної складової, що визначає водообмін в придунайських озерах та є основним джерелом надходження прісних річкових вод до озер.

### 6.1.1 Гідрометеорологічна мережа спостережень та створення регіональної бази для розрахунків водного балансу водойм

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 (Дунайської гирлової станції до м.



Вилкове, гідрометбюро в м. Ізмаїлі, метеостанцій Ізмаїла і Базової гідрометстанції Червонопрапорної флотилії до м. Ізмаїла) була створена Дунайська гідрометеорологічна обсерваторія [3],[4].

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 ( $Q$ , м<sup>3</sup>/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. 6.1, а їх список і періоди спостережень за рівнями і витратами води та стоком наносів наведені в табл. 6.1 [5].

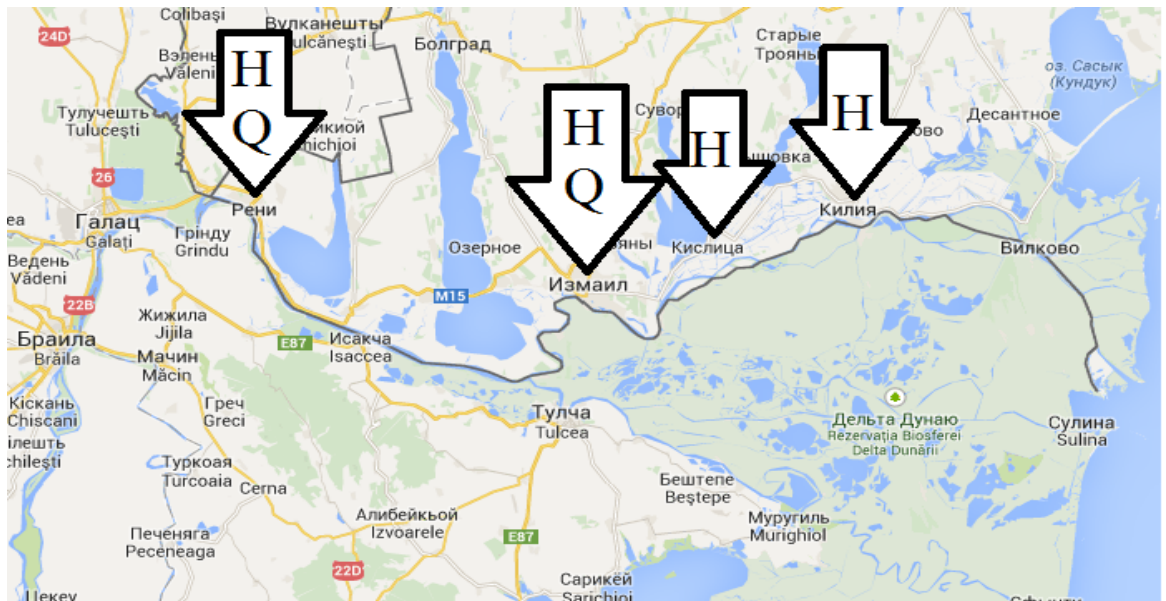


Рисунок 6.1 – Положення гідрологічних і метеорологічних постів на українській ділянці р. Дунай [<https://2gis.ua/geo/1971342744223761>]

Таблиця 6.1 – Список гідрологічних постів на українській ділянці р. Дунай [5]

№ з/п	Індекс поста	Річка – пост	Площа водозбору $F$ , км <sup>2</sup>	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	-

Слід зазначити, що дані про рівні води на постах м. Рені і м. Ізмаїл відносяться до 1921 р., але в режимному виданні України [5] для м. Рені характерні рівні води наведені для періода з 1945 р. Середні і характерні витрати води за багаторічний період, а також витрати зважених наносів наводяться в [5] тільки за період 1978-2015 рр. Метеорологічні

спостереження проводяться на станціях Болград, Ізмаїл, Вилкове і Усть-Дунайськ (рис. 6.2) [3].

Гідрологічні спостереження в дельтовій частині Дунаю здійснюють й 5 озерних гідрологічних постів (табл. 6.2). В басейні озера Катлабух систематичні спостереження на гідрометричній мережі почалися в 40-50 роках минулого століття [4]. У частині державної програми, на водпосту Кислиці гідрометеорологічні спостереження, а також щоквартальні рейдові гідрохімічні і температурні зйомки здійснюються Дунайською гідрометеорологічною обсерваторією (ДГМО, м.Ізмаїл) [4],[6]. Перелік та порядок спостережень за гідрологічним режимом в районі озера Катлабух також наведені в табл. 6.3. Початком вимірювань рівнів води на р. Дунай в створі с. Кислиці, що розташований в гирлі озера Катлабух, є 1945 р. (табл.1.11, 1.13), а в озері Катлабух на посту с. Кислиці – 1962 р. (табл.1.12, 1.13). Спостереження за температурою води в р. Дунай і озері Катлабух почалися в 1962 році, а за льдовими явищами в озері – в 1952 р. (табл. 6.3) [4].

Водний менеджмент на водосховищі почав проводитися з 70-х років минулого сторіччя у відповідності з протоколами щорічних Міжвідомчих нарад з водогосподарського режиму Придунайських озер. З розвитком зрошення сільгоспугідь, використанням водних ресурсів озера для сільськогосподарського водозабезпечення і риборозведення розпочато планомірне проведення моніторингових спостережень за якістю води [6]. З 80-х років в басейні водосховища Катлабух ведуться спостереження службами облводгоспу за рівнем ґрунтових вод. Дані про температуру і вологість повітря, швидкість і напрямок вітру, кількості опадів, випаровуванні, висоті снігового покриву і атмосферними явищами в районі водосховища надає метеорологічна станція м. Ізмаїл [4],[6]. Контроль за санітарно - гігієнічної ситуацією здійснюють органи державної санітарно - епідеміологічної служби за власною програмою (СаНПун №3901.85.п.8.8). Контроль за природокористуванням здійснюється органами державного

комітету з охорони навколишнього середовища і «Запчеррибвода» за власними програмами [6].

Таблиця 6.2 – Гідрологічні пости на придунайських озерах [4]

№ з/п	Озеро - пост	Площа дзеркала $F$ при НІР, км <sup>2</sup>	Роки дії	відм «0» поста, м БС
1	Кагул – с.Нагорне	101,34	1950-1953, 1965-діє	0,75
2	Ялпух – м. Болград	270,0	1950-1974	0,37
3	Ялпух – с. Коса	270,0	1951-1956,1962-діє	-2,89
4	Ялпух – с. Нова Некрасівка	270,0	1951-1974	-0,23
5	Катлабух – с. Кислиця	68,5	1962-діє	-6,29
6	Китай – с. Червоний Яр	60,0	1950-1955, 1962-діє	-0,79

Таблиця 6.3 – Перелік та порядок спостережень за гідрологічним режимом озера Катлабух, площа водозбору 1290 км<sup>2</sup> (за даними [4],[6])

Водний об'єкт	Назва водпоста	Період дії		Початок вимірювань			
		Відкритий	Закритий	Рівні води	Темп-ра води	Льодові явища	Гідрохімія
Озеро Катлабух	с.Кислиці (ГНС Кірова)	I/IV 1962	діє	1962	1962	1952	1970
Озеро Катлабух	НС-2 Суворовської ЗС	-	-	-	-	-	1970
р. Дунай	с. Кислиці	I/III 1945	діє	1945	1962	1945	-

У 1985 році були розроблені технічні документи – Правила експлуатації озера Катлабух, які підлягали редагуванню в подальші роки [6]. Основним призначенням Правил стало регулювання водного режиму та забезпечення потреби у водних ресурсах для розвитку економіки регіону. Гідрометеорологічне забезпечення озера Саф'ян, що сполучається з озером Катлабух недостатнє, тобто моніторинг його стану практично не відбувається [7].

В озеро Катлабух в північній його частині впадають річки Ташбунар, Великий Катлабух (з притоком Малий Катлабух) та Єніка. Гідрологічні спостереження за рівнями і витратами води на річках не відбуваються [5]. В разі відсутності спостережень за річковим стоком в межах прибережної частини Причорноморської низовини, де розташовані ці річки, немає можливості достовірного визначення річного стоку цих річок [4]. У 1990-х роках складені паспорта річок Великий і Малий Катлабух, Єніка, Ташбунар.

Відповідно до Програми державного моніторингу довкілля в частині проведення Держводагентством радіологічних та гідрохімічних спостережень за станом поверхневих вод лабораторія Дунайського БУВР контролювалася якість води 13 поверхневих водних об'єктів у 20 пунктах спостереження: р. Дунай (4 створи), придунайські озера-водосховища Кагул, Ялпуг-Кугурлуй (2 створи), Китай (2 створи), Катлабух (2 створи) та 8 малих річок (9 створів) [4].

Систематичне вивчення гідрохімічного режиму басейну річки Дунай розпочато гідрометеослужбою в 1940 році, під час Великої Вітчизняної Війни спостереження були перервані і відновлені в 1945 р. [4].

Спостереження за гідрохімічним складом води озера Катлабух ведуться з 1970 року: за показниками якості води на НС-2 Суворовської ЗС (північна частина озера) і на ГНС Кірова (південно-східна частина озера, на невеликій відстані від підвідного каналу Желявський (7,2 км) [6]. Планомірні спостереження за гідроекологічним станом в басейнах малих річок, що

впадають в озеро Катлабух, розпочато облводгоспом з 80-х років минулого стріччя.

Слід зазначити, що в роботі дослідження рівневого та гідрохімічного режиму озера Катлабух та річок, що впадають в нього виконано автором при залученні багаторічних матеріалів Держгідромету, Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (ДГМО) і Дунайського басейнового управління водних ресурсів (ДБУВР), яке існувало до червня 2019 р. На даний час всі матеріали спостережень на озері та його річках передані в Басейнове управління водних ресурсів річок Причорномор'я і нижнього Дунаю ([izmailvodhoz.ucoz.ua](http://izmailvodhoz.ucoz.ua)), а регулярні гідрологічні і гідрохімічні спостереження ведуться Ізмаїльським управлінням водного господарства.

6.1.2 Статистична обробка часових рядів гідрометеорологічних даних як основних складових водних балансів озер

*Надходження атмосферних опадів.* Атмосферні опади – це один з основних елементів приходної частини рівняння водного балансу річкових водозборів та водойм. В межах досліджуваного басейну озера Катлабух і басейнів невеликих річок Ташбунар, Єніка, Великий та Малий Катлабух на жаль відсутні метеорологічні станції та пости. Але поблизу водозбору ведуть регулярні систематичні спостереження метеорологічні станції Болград та Ізмаїл (рис. 6.2).

Розрізнені дані по кількості опадів за місяць та рік на цих метеостанціях налічуються з 1885 року. Безпереривні ж дані по опадах мають місце на м/ст Болград з 1945 року, а на м/ст Ізмаїл – з 1949 року. Існує тісний зв'язок між сумами річних опадів на м/ст Ізмаїл та м/ст Болград (при коефіцієнті кореляції - 0,61).

У даній роботі була проведена перевірка однорідності часових рядів річних сум опадів між двома метеостанціями Болград та Ізмаїл (1949-2018 рр.). Результати перевірки показали, що за трьома критеріями (Фішера, Стьюдента та Уїлкоксона) при 1 %-ій та 5 %-ій забезпеченостях ряди є однорідними (табл. 6.4).

Для дослідження складових водних балансів побудовані криві забезпеченостей річних сум опадів по м/ст Болград у період з 1945-2018 рр. (рис.6.3) та по м/ст Ізмаїл з 1949-2018 рр. (рис. 6.4).



Рисунок 6.2 - Карта-схема розміщення метеостанцій Болград та Ізмаїл

Таблиця 6.4 - Перевірка однорідності річних сум опадів на м/ст Болград та м/ст Ізмаїл за період з 1949 по 2018 рр.

Метеостанція	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
Болград/ Ізмаїл	70	1%	1,0	1,9	так	1,2	2,6	так	так	так
		5%	5	1,6		5	5			

Для визначення статистичних забезпеченостей річних сум опадів  $P_p\%$  використано рівняння [8]

$$P_p = m/(n+1) * 100\%, \quad (6.1)$$

де  $m$  – порядковий номер членів убуваючого ряду сум річних опадів;  
 $n$  – загальна тривалість ряду (зокрема, для м/ст. Болград  $n = 74$  років, а для м/ст Ізмаїл - 70 років).



Рисунок 6.3 – Крива забезпеченості річних опадів по м/ст Болград ( $P$ , мм) з 1945-2018 рр.

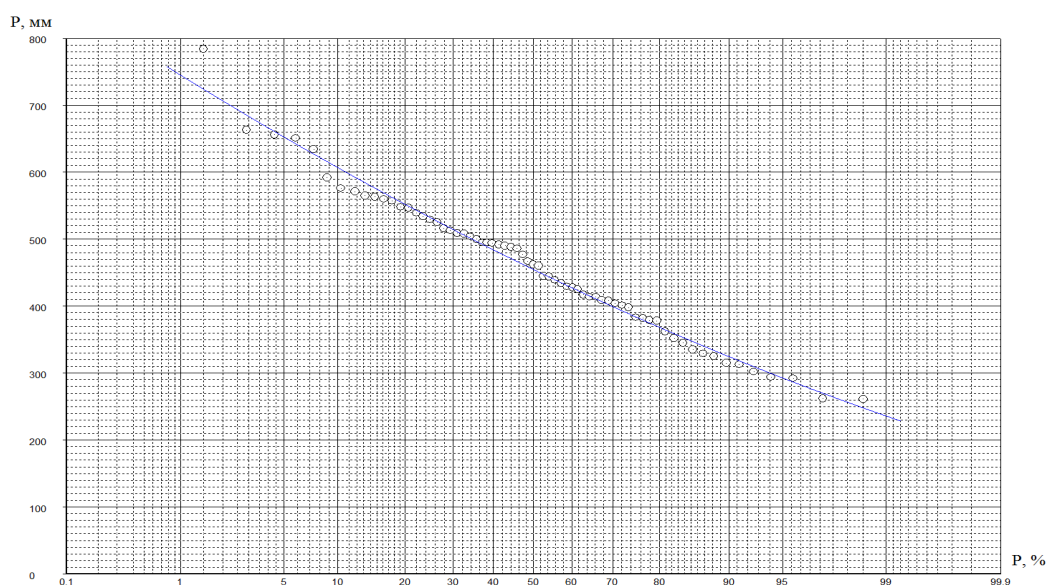


Рисунок 6.4 – Крива забезпеченості річних опадів по м/ст Ізмаїл ( $P$ , мм) з 1949-2018 рр.



В роботі досліджено часові зміни в рядах спостережень річних опадів на досліджуваних метеостанціях та проведено статистичний аналіз часових рядів спостережень за сумами місячних та річних величин опадів. Ці ряди мають тривалість 74 роки для м/ст Болград (з 1945-2018 рр.) та 70 років для м/ст Ізмаїл (1949-2018 рр.).

Проаналізовано часовий хід річних сум опадів на метеостанціях Болград (1945-2018 рр.) та Ізмаїл (1949-2018 рр.) у вигляді їх хронологічних графіків (рис. 6.5) та різницево-інтегральних кривих (рис. 6.6). В цілому спостерігається синхронність ходу річних сум опадів по обох метеостанціях (відстань між станціями 48 км).

Значущість коефіцієнту кореляції тренду  $r$  була оцінена за виконання умови  $r > 2\sigma_r$ , коли тренд вважається значущим [9]. 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.

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.

Так, у багаторічному ході опадів відзначається чергування посушливих і вологих періодів, тобто має місце циклічність у рядах сум річних опадів. За аналізом різницево-інтегральних кривих  $\sum(k_i - 1) = f(T)$  по м/ст Болград та м/ст Ізмаїл встановлено, що у період з 1945 по 1961 рр. спостерігається тенденція до зменшення, потім з 1962 р. - тенденція до збільшення опадів, а в період з 1982р. по 2018 р. (період розрахунків водних балансів) на фоні зменшення сум опадів спостерігається їх зростання в період з 2014 р. (рис. 6.6).

Стандартні статистичні параметри багаторічних рядів місячних та річних сум опадів були обчислені методом моментів та найбільшої правдоподібності [10] (табл. 6.5, табл.6.6). Для статистичної оцінки

однорідності та стаціонарності часових рядів гідрометеорологічних спостережень використовувалась програма «STOK\_STAT» ([http://geodigital.ru/soft\\_hydr](http://geodigital.ru/soft_hydr)).

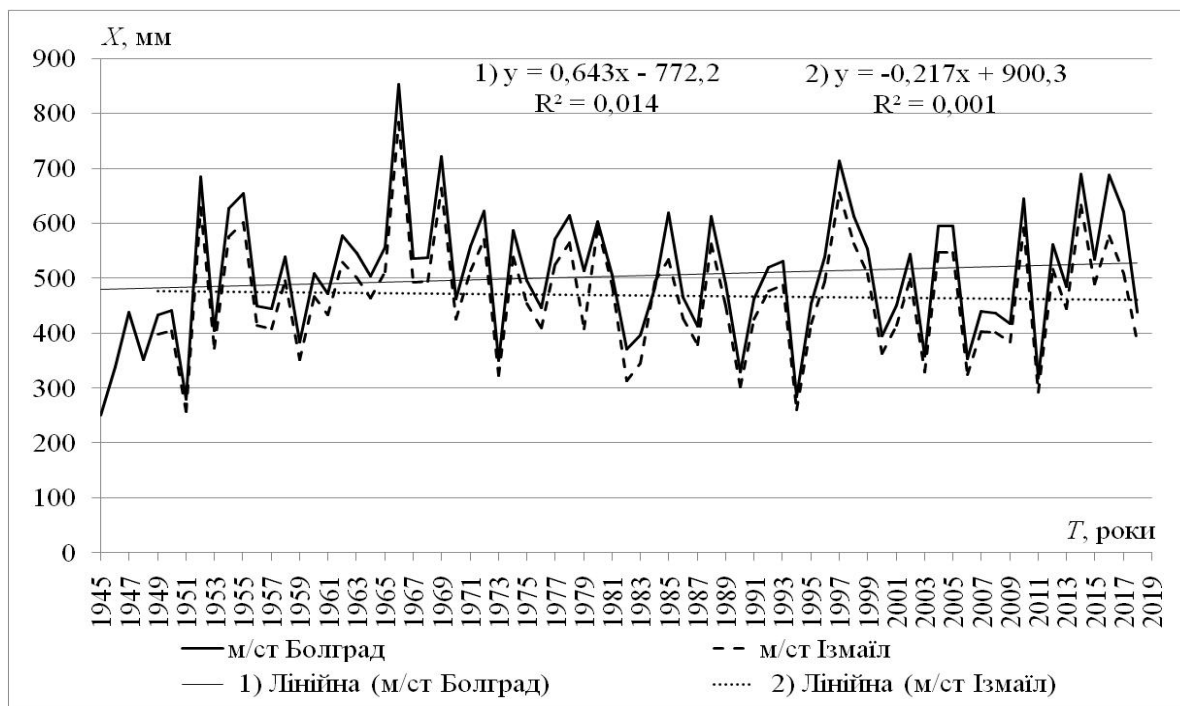


Рисунок 6.5 – Хронологічний графік річних сум опадів по м/ст Болград (1945-2018 рр.) та м/ст Ізмаїл (1949-2018 рр.)

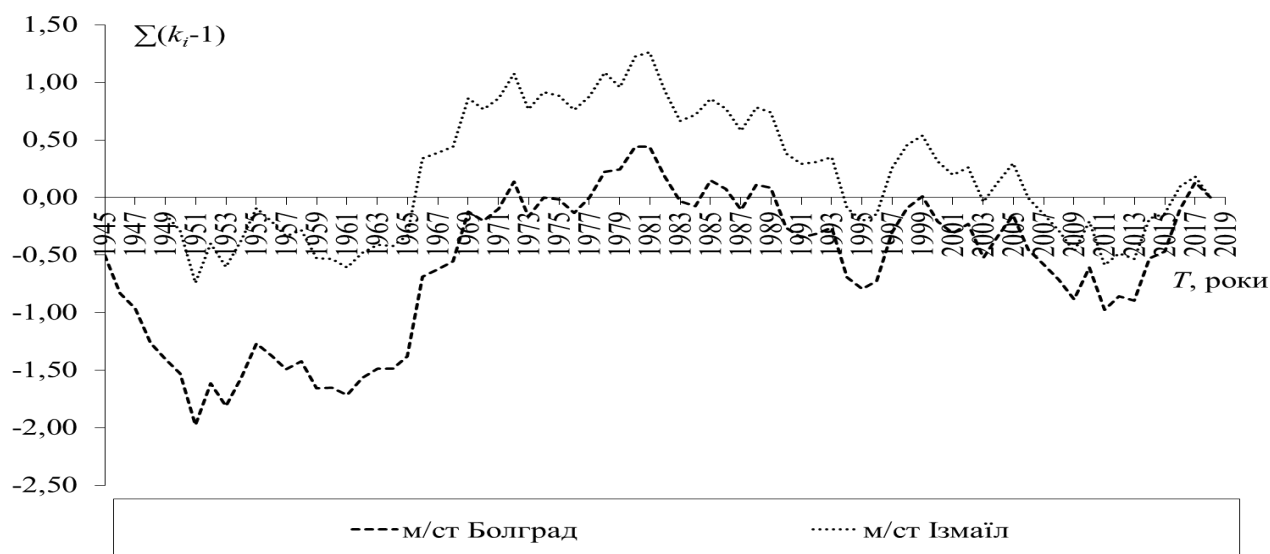


Рисунок 6.6 – Різницево-інтегральна крива річних сум опадів по м/ст Болград (1945-2018 рр.) та м/ст Ізмаїл (1949-2018 рр.)

Таблиця 6.5 – Статистичні характеристики часових рядів опадів на м/ст. Болград (1945-2018 рр.)

Місяці	Довжина ряду	Середні значення $\bar{P}_i$	$r(1)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
				$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	74	31	0,23	0,85	2,17	2,60	0,89	2,65	3,00
2	74	29	0,22	0,78	1,33	1,70	0,80	1,48	1,90
3	74	29	-0,08	0,80	1,25	1,60	0,80	1,35	1,70
4	74	34	-0,01	0,59	0,90	1,50	0,59	0,94	1,60
5	74	49	0,03	0,58	0,70	1,20	0,58	0,73	1,30
6	74	71	-0,05	0,61	1,11	1,80	0,62	1,18	1,90
7	74	50	-0,02	0,65	1,17	1,80	0,65	1,25	1,90
8	74	45	-0,06	0,75	1,09	1,40	0,76	1,16	1,50
9	74	40	-0,12	0,91	1,07	1,20	0,92	1,14	1,20
10	74	31	0,01	0,77	1,14	1,50	0,78	1,21	1,60
11	74	37	0,07	0,79	0,75	0,90	0,79	0,77	1,00
12	74	39	-0,02	0,71	1,38	1,90	0,71	1,51	2,10
Рік	74	484	0,12	0,22	0,18	0,8	0,22	0,21	1,00

Таблиця 6.6 - Статистичні характеристики часових рядів опадів на м/ст. Ізмаїл (1949-2018 рр.)

Місяці	Довжина ряду	Середні значення $\bar{P}_i$	$r(1)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
				$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	70	32	0,24	0,81	2,24	2,80	0,85	2,77	3,30
2	70	31	0,25	0,78	1,26	1,60	0,79	1,41	1,80
3	70	29	-0,13	0,80	1,11	1,40	0,81	1,18	1,50
4	70	34	-0,16	0,63	1,81	2,90	0,63	2,08	3,30
5	70	44	0,15	0,61	0,87	1,40	0,61	0,91	1,50
6	70	58	-0,04	0,52	0,69	1,30	0,52	0,71	1,40

Продовження табл.6.6

7	70	51	0,04	0,71	1,39	2,00	0,71	1,53	2,10
8	70	35	0,00	0,73	1,07	1,50	0,73	1,14	1,60
9	70	39	-0,09	0,93	1,22	1,30	0,94	1,31	1,40
10	70	30	-0,22	0,82	1,40	1,70	0,82	1,54	1,90
11	70	38	-0,13	0,79	0,87	1,10	0,79	0,91	1,10
12	70	39	-0,02	0,73	1,26	1,70	0,74	1,36	1,80
Рік	70	461	0,02	0,23	0,34	1,50	0,23	0,36	1,60

З табл. 6.5 та табл. 6.6 видно, що найменші середні значення сум місячних опадів на метеостанціях Болград та Ізмаїл (29-31мм) спостерігаються у січні-березні, а найбільші – у червні, липні і становлять 50-71 мм на м/ст Болград та 51-58 мм на м/ст Ізмаїл. Аналіз статистичної обробки часового ряду опадів за обома метеостанціями виявив, що середні місячні величини опадів  $\overline{P}_i$  по групах водності і середні за рік практично однотипні за внутрішньорічним розподілом, особливо це помітно у першій половині року, а у другій половині року така закономірність виражена дещо слабкіше (рис. 6.7, рис. 6.8).

Значення коефіцієнтів варіації  $C_v$  розраховані методом моментів та методом найбільшої правдоподібності близькі між собою (графік зв'язку коефіцієнтів варіації за обома методами має коефіцієнт регресії = 0,99 з коефіцієнтом кореляції = 1,0) і змінюються в межах від 0,59 в квітні і до 0,90 у вересні.

Співвідношення  $C_s/C_v$  за методом моментів на 9% нижче ніж визначені за методом найбільшої правдоподібності (при коефіцієнті кореляції 0,99). При цьому середнє значення  $C_s/C_v$  за методом моментів становить 1,59, а за методом правдоподібності – 1,73.

Слід відзначити, що за рекомендаціями СНиП2.01.14-83 [8] при  $C_v > 0,5$  застосування методу моментів не рекомендується.

Тому в подальших розрахунках прийняті статистичні характеристики рядів місячних сум опадів, визначених за методом найбільшої правдоподібності.

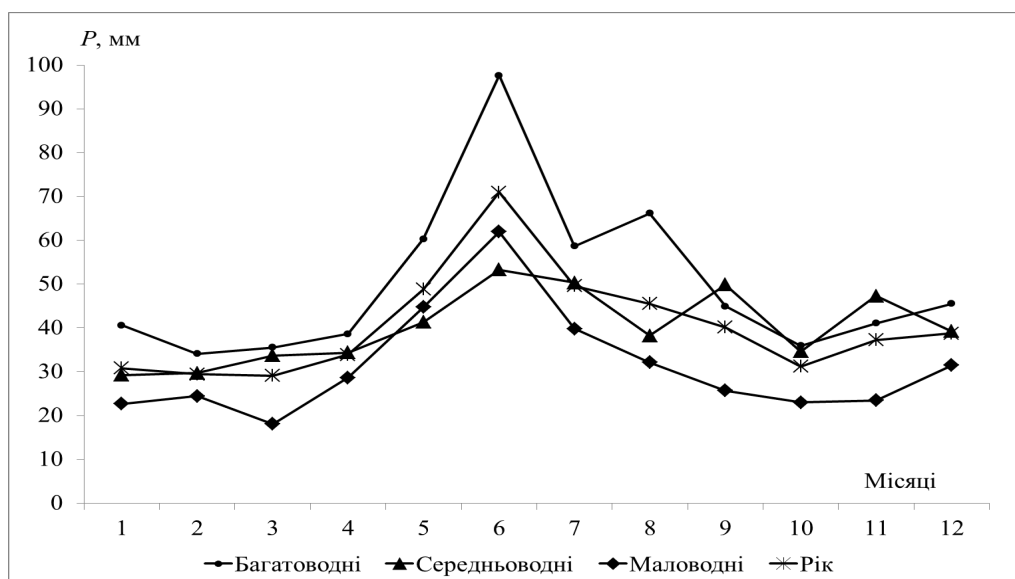


Рисунок 6.7 – Внутрішньорічний розподіл опадів по м/ст Болград за групами водності та середніх за рік (1945-2018 рр.)

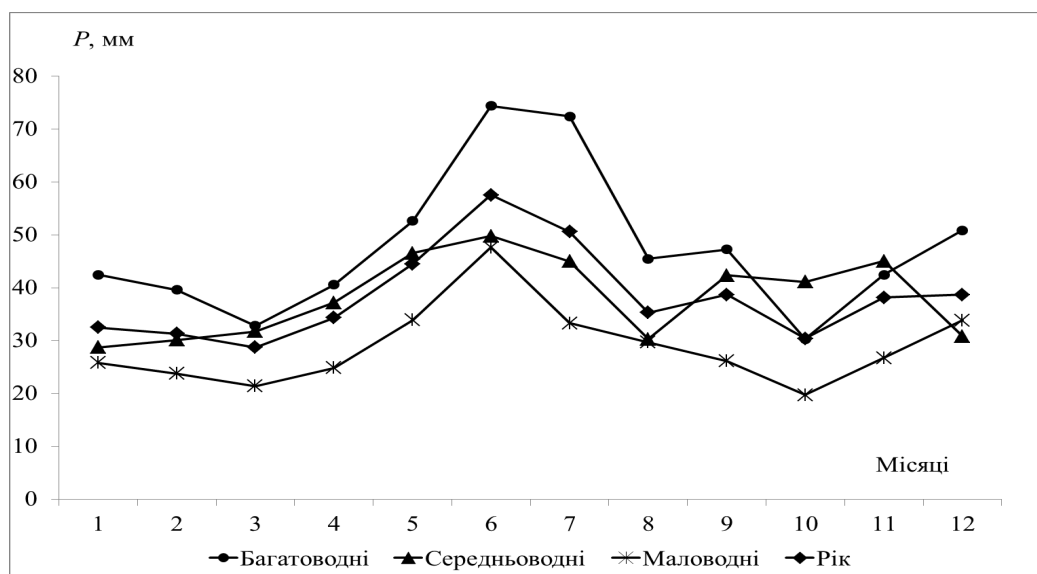


Рисунок 6.8 – Внутрішньорічний розподіл опадів по м/ст Ізмаїл за групами водності та середніх за рік (1949-2018 рр.)

Враховуючи значну відмінність коефіцієнтів варіації місячних сум опадів протягом року в роботі виконано внутрішньорічний їх розподіл за групами багатоводних, середньоводних та маловодних років, а також середніх за рік (по м/ст Болград - рис. 6.9, по м/ст Ізмаїл - рис. 6.10). Дані річних сум опадів на м/ст Болград в подальшому використані в роботі при оцінці норм річного стоку малих річок, що живлять озеро Катлабух та внутрішньорічного розподілу поверхневого стоку, а саме визначення водності року різної забезпеченості (за близькістю розташування до водозборів малих річок).

*Річний стік і його визначення в умовах обмеженості гідрологічних спостережень.* Басейн озера Катлабух знаходиться у межиріччі Дунай-Дністер. Невеликі річки, що впадають в басейн озера Катлабух мають свій гідрологічний режим, який характеризується місцевими фізико-географічними умовами. Витоки малих річок знаходяться у районі Південно-Молдавської височини. Річки мають незначну протяжність своїх вузьких басейнів, витягнутих у меридіональному напрямку, широкі і глибокі долини, схили яких сильно зрізані мережею балок і ярів, слабо виражені і замулені русла [11]. У 70-80 роках більшість невеликих річок була випрямлена і поглиблена.

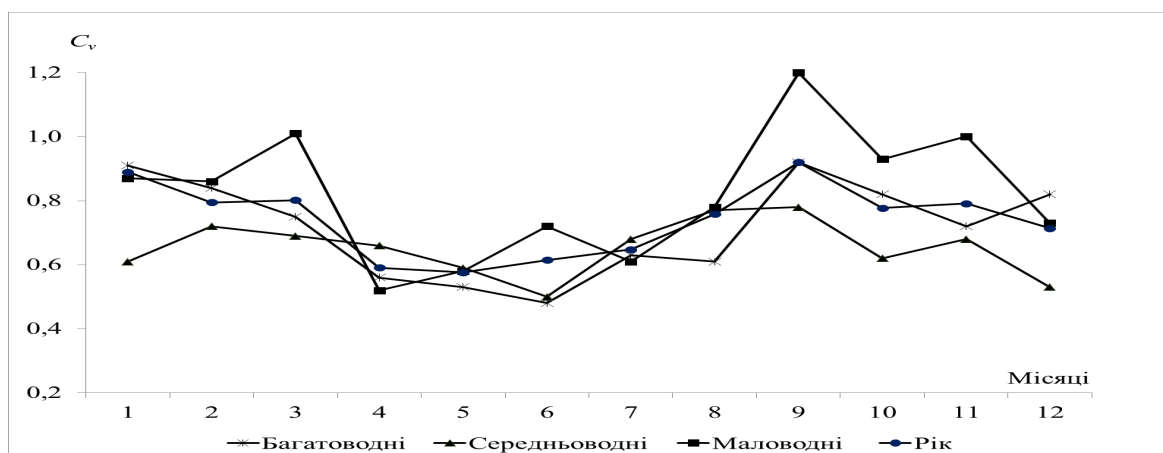


Рисунок 6.9 – Внутрішньорічний розподіл коефіцієнтів варіації опадів по м/ст Болград за групами водності та середніх за рік (1945-2018 рр.)

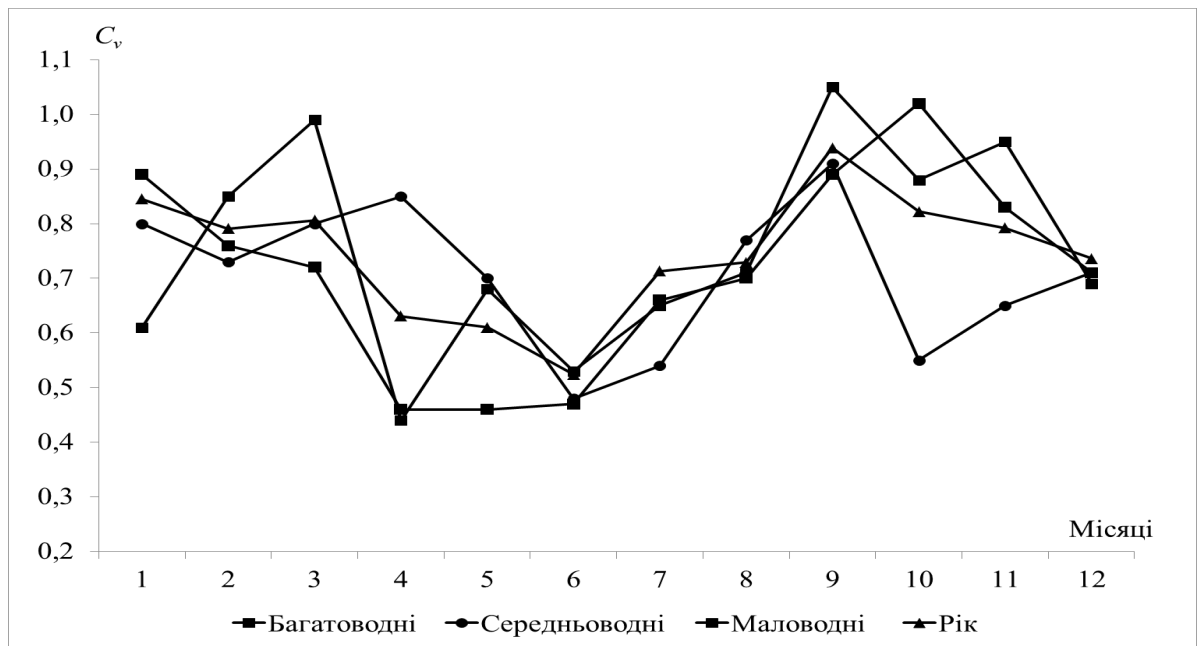


Рисунок 6.10 - Внутрішньорічний розподіл коефіцієнтів варіації опадів по м/ст Ізмаїл за групами водності та середніх за рік (1949-2018 рр.)

Загальна площа водозбору річок, які впадають в озеро Катлабух (р. Великий Катлабух, р. Ташбунар, р. Єніка) складає 1060 км<sup>2</sup>. Скорочені морфометричні характеристики по основних річках басейну озера Катлабух наводяться у табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Морфометричні характеристики річок басейну озера Катлабух

№ з/п	Назва водотоків	Площа, $F$ , км <sup>2</sup>	Довжина, $L$ , км	Середня висота, $H_{сер}$ , м	Ухил річки, $I_{зв}$ , ‰
1	Великий Катлабух-устя	536	49	90	2,6
2	Ташбунар-устя	281	40	76	2,9
3	Єніка-устя	243	40	87	1,6

За відсутності систематичних вимірювань стоку  $i$ , відповідно, часових рядів, норма стоку визначалася непрямими методами. Найпоширеніші серед них - карти норм річного стоку (модулів або шарів) та їх статистичних характеристик [8,11]. Побудова зазначених карт здійснюється за даними стокових спостережень на річках, шляхом виявлення впливу місцевих чинників, таких як залісеність, заболоченість, озерність, висота водозбору та ін.

На жаль, систематичні спостереження за стоком річок басейну озера Катлабух не відбуваються. Тому у роботі при розрахунку об'ємів надходження поверхневого стоку ( $V_r$ ) до водойми при визначенні середнього річного стоку річок використані методичні рекомендації та відповідні карти нормативного документу СНиП 2.01.14-83 [8] по узагальненим характеристикам річного стоку річок СРСР  $\bar{q}$ , л/(с·км<sup>2</sup>), їх коефіцієнтів варіації  $C_v$  та співвідношення  $C_s / C_v$ , побудовані в масштабі 1:10 000 000.

Одержані з карт СНиП 2.01.14-83 [8] величини середньобагаторічного річного стоку (у вигляді модулів річного стоку  $\bar{q}$ ) та їх коефіцієнти варіації становлять для водозборів річок Великий Катлабух ( $\bar{q}=0,75$  л/(с·км<sup>2</sup>);  $C_v=0,85$ ), Ташбунар ( $\bar{q}=1,0$  л/(с·км<sup>2</sup>);  $C_v=0,8$ ) та Єніка ( $\bar{q}=0,5$  л/(с·км<sup>2</sup>);  $C_v=0,9$ ). В середньому  $\bar{q}$  дорівнює 0,75 л/(с·км<sup>2</sup>), коефіцієнт варіації  $C_v=0,85$ , а співвідношення  $C_s / C_v=2,0$ . При цьому слід зазначити, що у межах крайньої південної частини України (у тому числі для Придунайського регіону), де річки в основному не охоплені стаціонарними регулярними спостереженнями, ізолінії на картах СНиП 2.01.14-83 проведені пунктиром. В такому разі величини модулів річного стоку та їх статистичних характеристик, знятих з карт вважаються наближеними.

В роботі для визначення середнього багаторічного модуля річного стоку невеликих річок, що живлять озеро Катлабух використана стохастична



імітаційна модель розрахунку природного річного стоку «клімат-стік», авторами якої є Є.Д. Голченко та Н.С. Лобода [12],[13].

Норми річного кліматичного стоку  $\bar{Y}_K$  в моделі «клімат-стік» можуть бути визначені за картою його розподілу по території Північно-Західного Причорномор'я [12]. Для басейнів малих річок Великий Катлабук, Ташбунар та Єніка, за картою норм кліматичного стоку встановлена величина  $\bar{Y}_K$  (табл. 6.8). В середньому величина кліматичного стоку  $\bar{Y}_K$  становить 20 мм.

Для переходу від кліматичного ( $\bar{Y}_K$ ) до природного стоку ( $\bar{Y}_{ПР}$ ) в моделі «клімат-стік» [12] запропоновані регіональні рівняння визначення коефіцієнту для врахування впливу місцевих азональних чинників, наприклад висоти водозбору. Так, для досліджуваних річок середня висота водозборів, яких коливається в межах 76-90 м коефіцієнт  $K_{ПЕР}$  в середньому дорівнює 0,42 (табл. 6.8).

Таблиця 6.8 – Визначення кліматичного та природного середньобогаторічного річного стоку річок Великий Катлабук, Єніка та Ташбунар

Річка	$F$ , км <sup>2</sup>	Середня висота $H_{сер}$ , м	$Y_K$ , мм	$K_{ПЕР}$	$Y_{ПР}$ , мм	$C_v$	$C_s$
Великий Катлабук	536	90	20	0,40	8,0	1,7	1,0
Єніка	243	76	18	0,42	7,6	1,8	0,94
Ташбунар	281	87	22	0,39	8,6	1,6	1,1
Середнє			20	0,42	8,4	1,7	1,0

В такому разі норма природного річного стоку за моделлю «клімат стік» розрахована за виразом

$$\bar{Y}_{PP} = K_{ПЕР} \bar{Y}_K. \quad (6.2)$$

Одержані величини природного стоку для річок Великий Катлабух, Ташбунар та Єніка наведені в табл. 6.8, при встановленому його середньому значенні 8,4 мм.

Для визначення коефіцієнта варіації природного стоку використана формула в [12], тобто залежність між коефіцієнтом варіації і нормою стоку. Враховуючи, що граничне максимальне значення коефіцієнтів варіації  $C_{v\max} = 1,5$  [12], при нормі природного стоку річок  $\bar{Y}_{PP} = 8,4$  мм, одержані значення коефіцієнтів варіації природного стоку річок території (табл. 6.8). При цьому середнє значення коефіцієнту варіації дорівнює 1,7. В моделі «клімат-стік» осереднене значення співвідношення  $C_s / C_v$  в межах території Північно-Західного Причорномор'я прийнято на рівні 1,7 [12]. При нормі природного стоку річок  $\bar{Y}_{PP} = 8,4$  мм одержаний модуль річного стоку  $\bar{q} = 0,27$  л/(с·км<sup>2</sup>). При загальній площі всіх річок, що живлять озеро Катлабух ( $F = 1060$  км<sup>2</sup>) отримана й середня багаторічна річна витрата води  $\bar{Q} = 0,29$  м<sup>3</sup>/с, що в об'ємах становить 9,15 млн м<sup>3</sup>.

*Випаровування з водної поверхні озера.* Випаровування з водної поверхні водойм є витратною складовою їх водних балансів, що є особливо важливим чинником в умовах посушливого клімату півдня України. Для оцінки складової випаровування з водної поверхні озера Катлабух використовувались дані випаровувального басейну м/ст Болград у період з 1980 по 2018 рік.

Авторами даної роботи досліджено часові ряди спостережень за випаровуванням з водної поверхні на випаровувальному майданчику (з басейну площею 20 м<sup>2</sup> і глибиною 2 м), що розташований на м/ст Болград за період спостережень з 1960 по 2018 рр. В цей період середньобагаторічна величина випаровування за рік становила 800 мм. Часовий хід у вигляді хронологічних графіків річних сум випаровування (рис. 6.11) показав, що на

фоні періодичних коливань величин випаровування з водної поверхні, у період з 2010-х років вони різко зросли (від 720 мм у 2010 р. до 1163 мм – у 2018 р.). В цілому ж величина випаровування з водної поверхні збільшилася на 108 мм за період з 1960 по 2018 рр. (при значущому коефіцієнті кореляції  $r=0,29$ ).

За аналізом різницево-інтегральних кривих  $\sum(k_i - 1) = f(T)$  можна встановити циклічність у рядах річних сум випаровування (рис. 6.12). У період з 60-х років минулого сторіччя випаровування дещо зростало, потім з 1972 р. спостерігалася тенденція до його зменшення, а з 2012 р. випаровування почало різко зростати. В роботі виконаний аналіз даних спостережень за температурою повітря, як основного чинника випаровування. При цьому використані багаторічних дані по метеорологічних станціях Болград і Ізмаїл (за період спостережень 1961-2018 рр.). Часовий хід річних температур повітря свідчить, що спостерігається тенденція до підвищення температур повітря в середньому на  $1,5^{\circ}\text{C}$  для Болграда і  $1,7^{\circ}\text{C}$  – для Ізмаїла (рис. 6.13). Коефіцієнти кореляції для обох станцій значущі, але для м/ст Ізмаїл тренд більш виражений ( $r=0,58$ ).

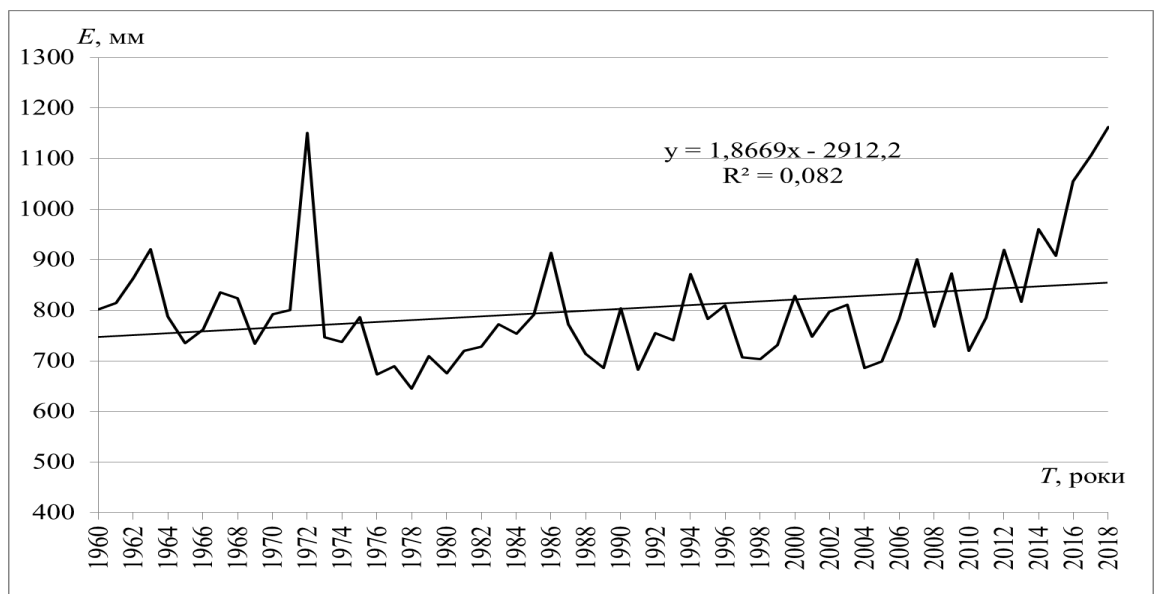


Рисунок 6.11 - Хронологічний графік річних сум випаровування з поверхні водойми по м/ст Болград (1960-2018 рр.)

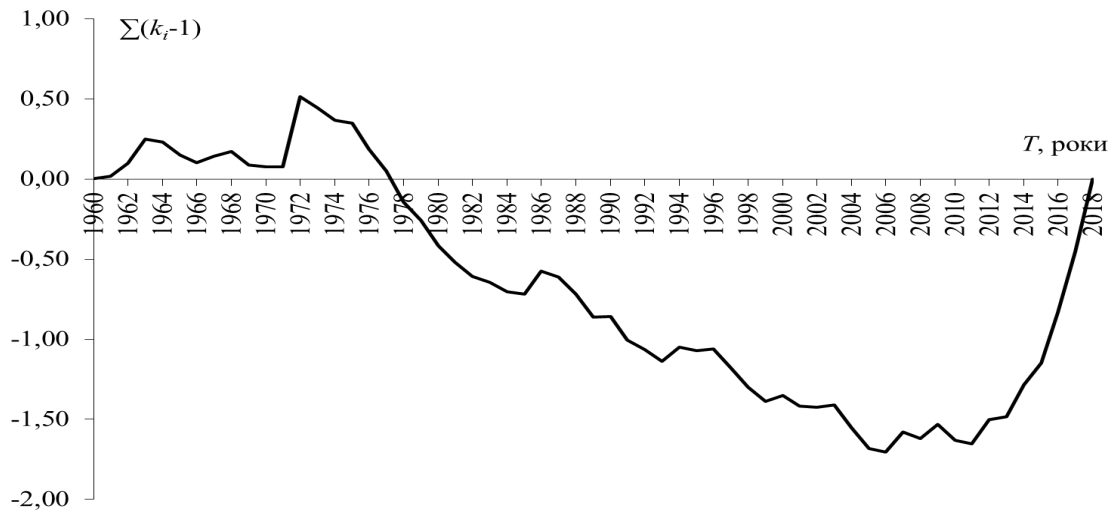


Рисунок 6.12 - Різницево-інтегральна крива річних сум випаровування з поверхні водойми по м/ст Болград (1960-2018 рр.)

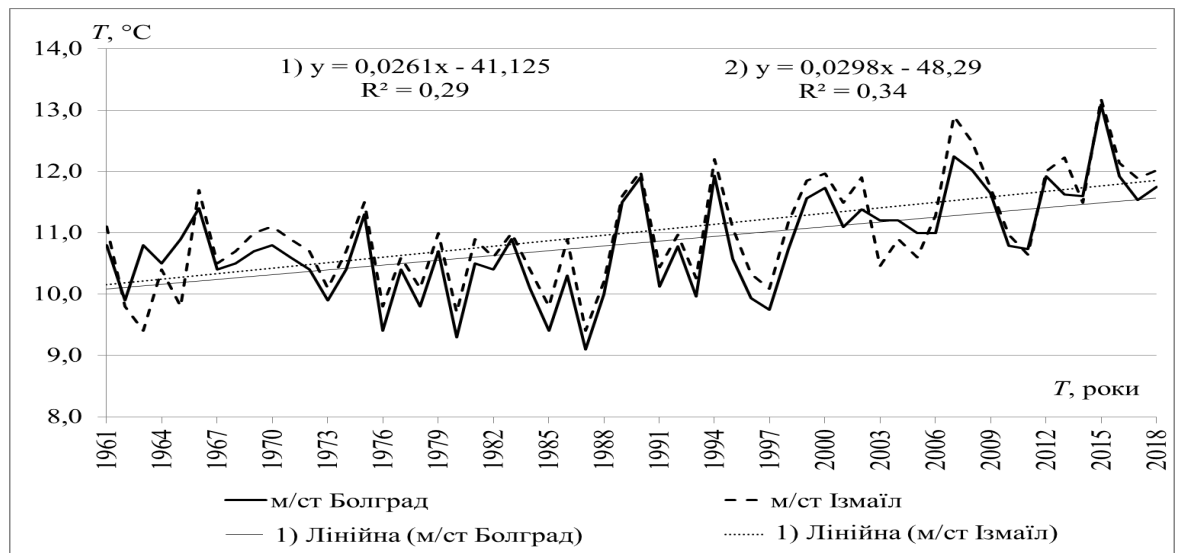


Рисунок 6.13 - Хронологічний графік річних температур повітря по м/ст Болград та м/ст Ізмаїл (1961 по 2018 рр.)

Різницево-інтегральні криві середніх річних температур повітря (рис. 6.14), показали, що в цілому на обох метеостанціях з 1961 р. до 1998 р. спостерігалася від'ємна фаза, а з 1999 р.– стрімке підвищення річних температур повітря (при збільшенні їх наростання з 2007 р. до теперішнього часу).

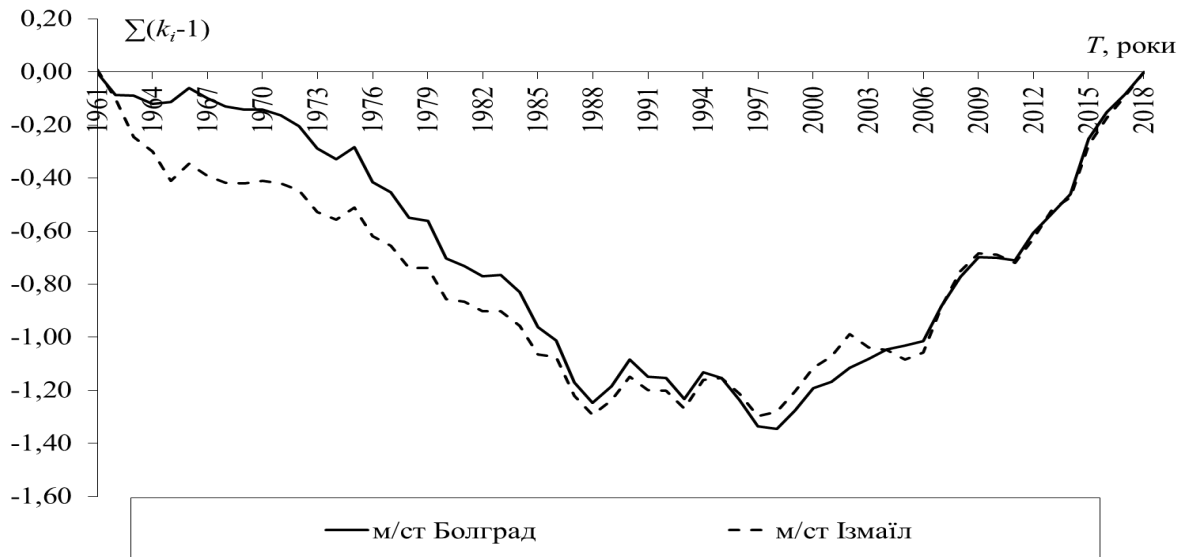


Рисунок 6.14 - Різничево-інтегральна крива річних температур повітря по м/ст Болград та м/ст Ізмаїл (1961-2018 рр.)

Для наглядного аналізу наведені сумісні для річних величин випаровування і опадів хронологічні графіки (рис. 6.15) та різницево-інтегральні криві (рис. 6.16). Як видно з рис. 6.15 спостерігається зворотна залежність коли при підвищенні опадів зменшується випаровування і навпаки.

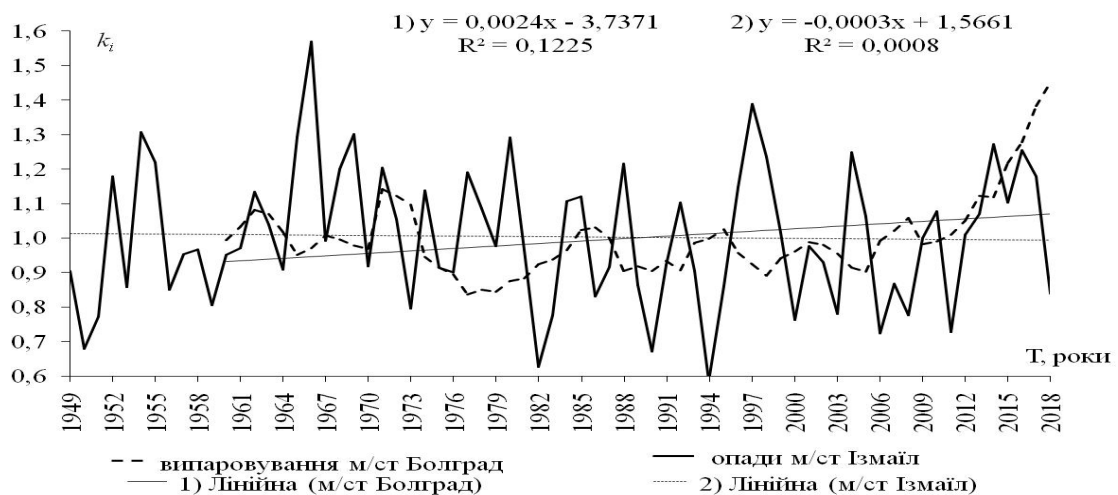


Рисунок 6.15 - Суміщений хронологічний графік згладжених ковзнів річних сум випаровування з водної поверхні по м/ст Болград (1960-2018 рр.) та річних сум опадів по м/ст Ізмаїл (1949 по 2018 рр.)

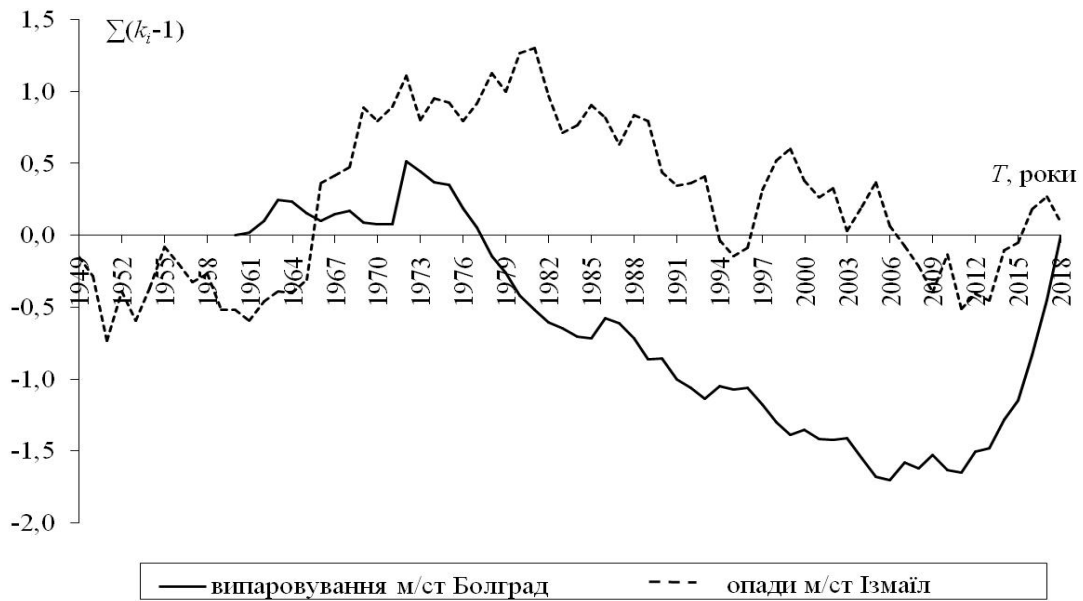


Рисунок 6.16 - Суміщені різницео-інтегральні криві річних сум випаровування з водної поверхні по м/ст Болград (1960-2018 рр.) та річних сум опадів по м/ст Ізмаїл (1949 по 2018 рр.)

До статистичного аналізу були прийняті часові ряди спостережень за сумами місячних та річних величин випаровування по м/ст Болград тривалістю 58 років. Стандартні статистичні параметри багаторічних рядів місячних та річних сум випаровування були обчислені при використанні програми «STOK\_STAT» ([http://geodigital.ru/soft\\_hydr](http://geodigital.ru/soft_hydr)) (табл. 6.9).

З табл. 6.9 видно, що найменші середні значення сум випаровування з водної поверхні на метеостанції Болград (27 мм) спостерігаються з червня по серпень і становлять 131-147 мм.

Внутрішньорічний розподіл випаровування показав схожість їх величин у роках різної водності та середнього за рік (рис. 6.17).

Значення коефіцієнтів варіації  $C_v$  випаровування з водної поверхні, розраховані методом моментів та методом найбільшої правдоподібності близькі між собою і змінюються в межах від 0,15-0,16 в літні місяці (липень, серпень) до 0,49 – у листопаді (табл.6.9).

Таблиця 6.9 – Статистичні характеристики часових рядів випаровування з водної поверхні на м/ст Болград (1960-2018 рр.)

Місяць	Довжина ряду	Середнє значення	$r(1)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
				$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
4	56	66	0,079	0,28	0,14	0,6	0,28	0,19	0,8
5	56	106	0,181	0,18	0,34	0,18	0,18	0,37	2,0
6	56	131	-0,003	0,18	0,19	10,6	0,18	2,22	12,3
7	56	147	0,187	0,18	0,72	3,9	0,19	0,76	4,0
8	56	142	0,321	0,15	0,14	0,9	0,15	0,19	1,2
9	56	97	-0,141	0,15	0,62	4,1	0,16	0,65	4,1
10	55	59	-0,076	0,23	2,5	11,1	0,28	3,24	14,3
11	55	27	0,075	0,49	4,11	8,4	0,49	6,43	13,1
Рік	56	784	0,145	0,11	1,45	12,9	0,12	1,64	13,3

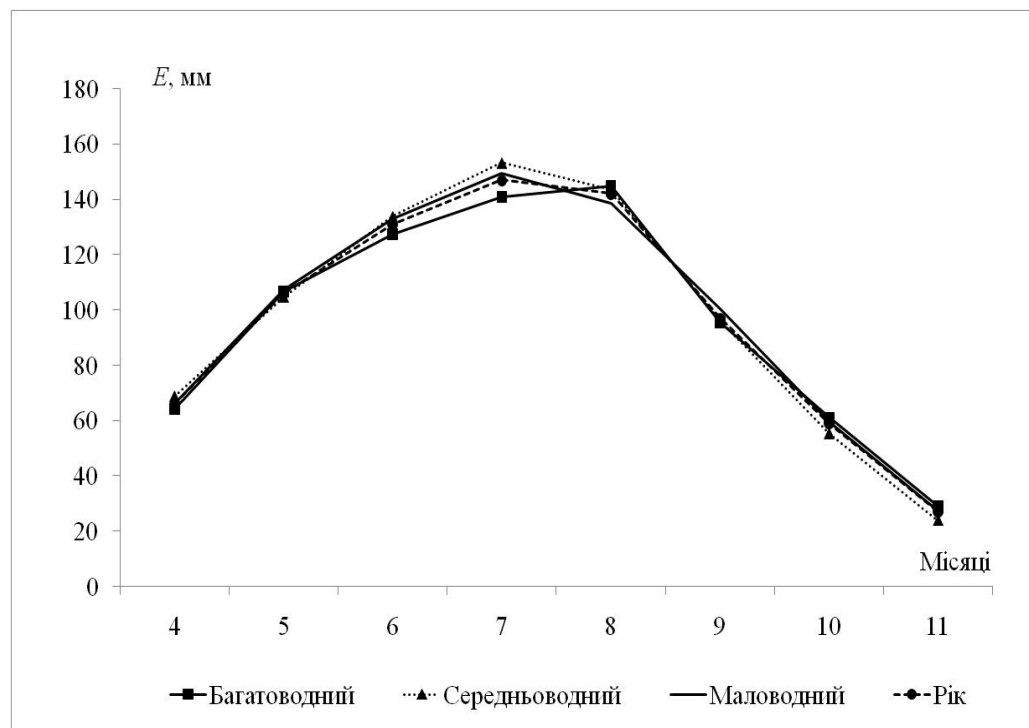


Рисунок 6.17 – Внутрішньорічний розподіл величин випаровування з водної поверхні по м/ст Болград за групами водності

Для річних сум випаровування коефіцієнти варіації знижуються до 0,11-0,12, а співвідношення  $C_s/C_v$ , одержані за різним методами майже співпадають і становлять за методом моментів 12,9 і за методом правдоподібності 13,3. В роботі також виконано, внутрішньорічний розподіл  $C_v$  за групами багатоводних, середньоводних та маловодних років, аналогічно опадам, який показав їх схожість, окрім листопада, коли спостерігається збільшення коефіцієнтів варіації (рис. 6.18).

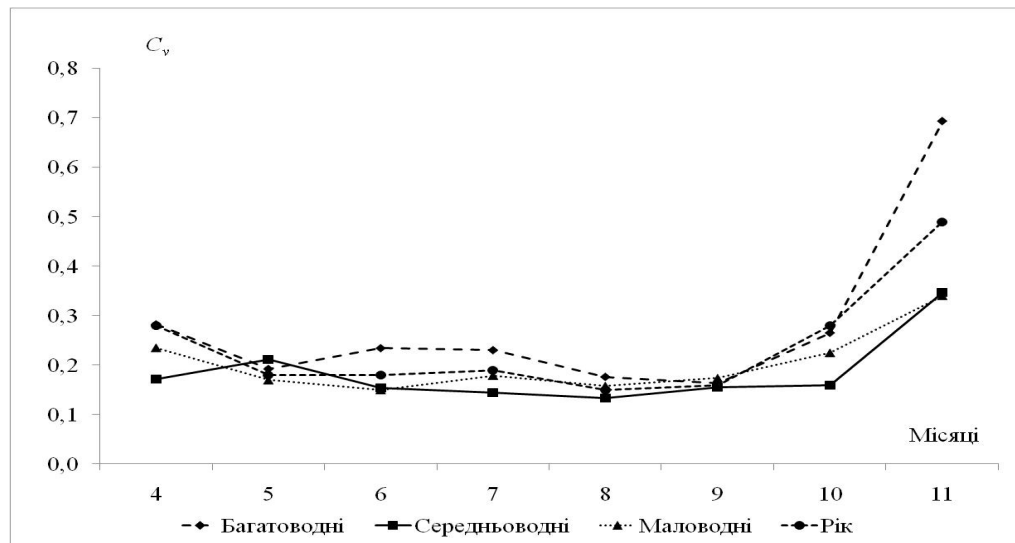


Рисунок 6.18 - Внутрішньорічний розподіл коефіцієнтів варіації випаровування з водної поверхні по м/ст Болград за групами водності

6.1.3 Аналіз та узагальнення вихідних даних по рівнях та витратах води, дослідження водного режиму р. Дунай (українська частина від м. Рені до м. Ізмаїл)

При аналізі гідрологічного режиму ділянки Дунаю від Рені до Ізмаїлу як вихідні дані по стоку води використані матеріали Державного водного кадастру [5], монографічні і довідкові видання [3],[4],[11],[14]-[17],



спостереження Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (ДГМО, м. Ізмаїл).

Так, в режимних виданнях України [5] 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 [3] 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).

З цією метою середньомісячні та середньорічні витрати води за період з 1840 по 1920 рр. були розраховані авторами [3] за прив'язкою до рівнів води на румунському г/п Тульча (за даними доктора К. Бондара, Румунія). В подальшому цими авторами була обґрунтована багаторічна крива  $Q_{54} = f(H_{Рени})$  за вимірюваннями 39 витрат води (у період з 1959 по 1965 рр.). У верхній частині вона екстрапольована до максимального рівня води в Рені 560 см (близько 10 % амплітуди), а знизу – до мінімального рівня, рівного - 66 см. За допомогою цієї кривої в ДГМО проведені розрахунки щоденного стоку за період, починаючи з 1921 р. Крива витрат 1959-1965 рр. підтверджена також вимірюваннями витрат води у 1974-2002 рр. (відхилення в середньому знаходяться на рівні  $\pm 5$  %). У 2000 році координати багаторічної кривої були уточнені у зв'язку з будівництвом захисної дамби уздовж правого берега Дунаю у 1987-1991 рр. і підвищенням рівнів води під час весняних водопіль та розмивом русла річки, що призвело до зниження рівнів води під час низької водності при однакових витратах води у вершині дельти Дунаю [3]. Дані по стоку зважених наносів для поста м. Рені також були відновлені авторами [3] з 1840 р.

Таким чином, до статистичного аналізу авторами роботи був прийнятий 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. Стік зважених наносів досліджений за період 1840-2015 рр. на посту м.Рені і з 1978-2015 рр. – м.Ізмаїл.

Слід зазначити, що в режимних виданнях України [5] дані про рівні води наведені з 1945 р. по посту Рені і з 1921 р. – по м.Ізмаїл. Середні і характерні витрати води за багаторічний період, а також витрати зважених наносів наведені за період 1978-2015 рр.

*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.).

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 [3],[4],[14]-[17]. 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.

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). Згони обумовлюються вітрами західних напрямів, а нагони – східних [3].

Характерною особливістю льодового режиму Дунаю є крайня нестійкість льодових фаз [3], [14], [15]. Льодостав спостерігається не кожного року. На нижньому Дунаї ймовірність льодоставу становить 40-75%. Повторні замерзання і розкриття тут рідкісні.

Дослідження статистичних характеристик льодових явищ в дельті Дунаю пов'язані в науковій літературі з встановленням емпіричної

ймовірності дат появи льодових явищ та дат утворення льодоставу [3], [18], побудовою емпіричних кривих забезпеченості цих дат та повторюваності випадків наявності льодових явищ та льодоставу [18]. В роботі [19] авторами Л.О. Горбачовою і Б.Ф. Христюк встановлено, що в цілому існує однорідність в рядах дат появи льодових явищ, їхньої тривалості, та дат очищення від льоду, а також багаторічна циклічність в коливаннях цих дат з поступовим зменшенням з 70-х років минулого сторіччя тривалості періоду з льодовими явищами.

Характерні за багаторічний період рівні води (вищий і нижчий за рік) наведені у табл. 6.10 (для річок з нестійким льодоставом) [5].

Таблиця 6.10 - Характерні рівні води р. Дунай

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 pp. [5] (1921-2015 pp.)							
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 -0,23 м БС до 1976; відмітка нуля поста -0,18 м БС-77) 1921–2015 pp. [5]							
рівень води	167	303	420	39	-30	265	369
дата	-	22.04	22.05.1970	01.11	30.10, 01.11.1921		1942

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).

Максимальний багаторічний річний рівень води у вершині Килійського 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.).

Часові тренди середніх, максимальних і мінімальних рівнів води (за період 1921-2015 рр., тобто за 95 років) показують наявність їх слабого позитивного зростання протягом тривалого часу (рис. 6.19). При цьому коефіцієнти кореляції трендів максимальних та мінімальних рівнів води є значущими ( $r=0,34$  та  $r=0,21$ ) відповідно, а тренди середніх річних рівнів води – мають незначущий коефіцієнт кореляції ( $r=0,14$ ).

Внутрішньорічний хід середніх, максимальних і мінімальних місячних рівнів води р. Дунай у м.Рені і м.Ізмаїл показує загальну синхронність їх коливань при найвищих місячних рівнях у квітні і травні (в багатоводні роки високі рівні відзначалися майже протягом п'яти місяців), а найменші місячні рівні води практично завжди припадають на початок осені (рис. 6.20).

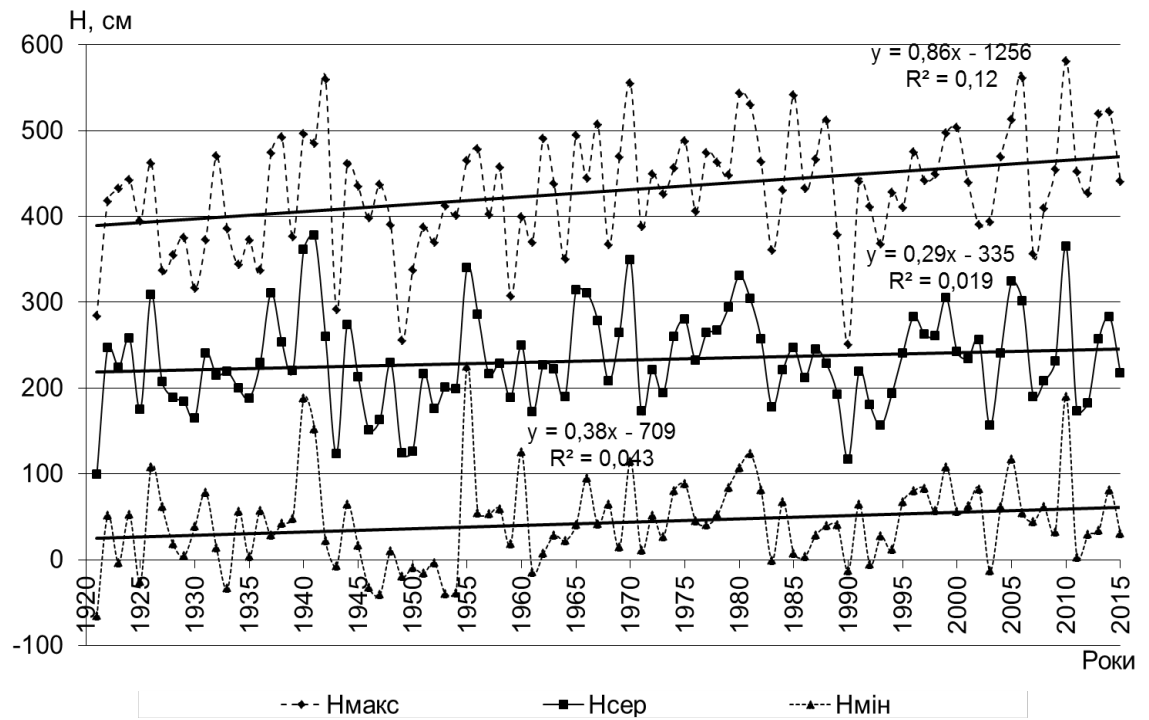


Рисунок 6.19 – Сумісний графік середніх, максимальних і мінімальних (1921-2015рр.) рівнів води р. Дунай – м.Рені, см

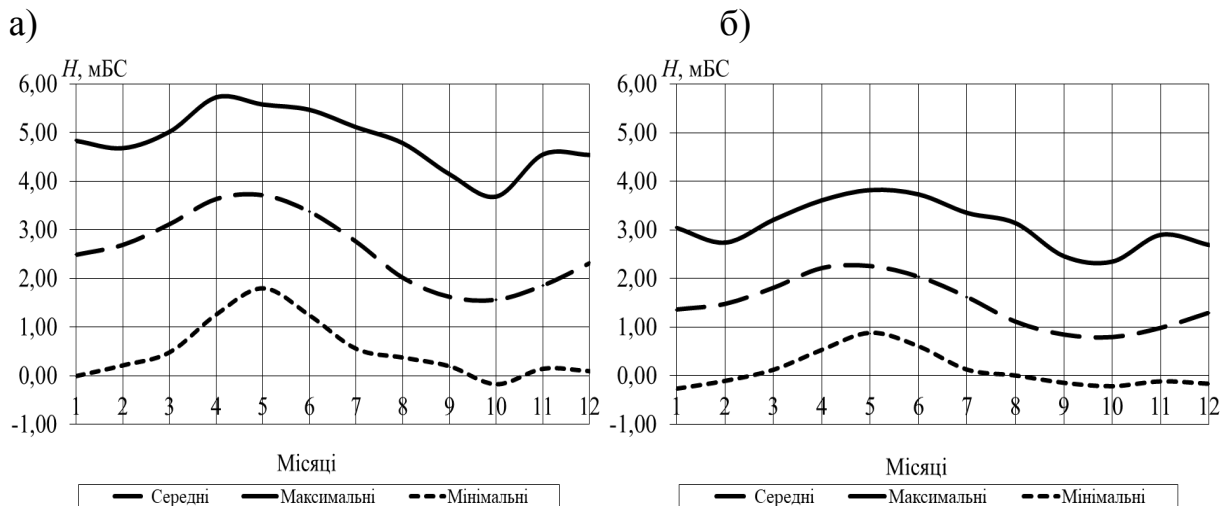


Рисунок 6.20 – Внутрішньорічний хід максимальних, мінімальних і середніх місячних рівнів р. Дунай у м. Рені (а) та р. Дунай у м. Ізмаїл (б) (за період 1921 - 2015 рр.)

*Гідрологічний режим витрат води.* Основна частина водного стоку Дунаю формується в верхній і особливо середній течії річки, де Дунай перетинає Карпати [3], [15], [17]. 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 повенеких хвиль, які формуються на Середньому та Нижньому Дунаї і звичайно відмічається в березні – липні, часто на нього припадає річний максимум стоку. Найменші витрати води спостерігаються в літню-осінню межінь в період з серпня по жовтень. У сучасних умовах на частку весняного водопілля у Нижньому Дунаї припадає 51-60 % річного стоку води [5],[16].

За даними режимних видань України, тобто для періоду осереднення 1978-2015 рр. [5] середні річні витрати води спостерігалися рівними 6660 м<sup>3</sup>/с (м. Рені, гідроствор 54 міля) і 3730 м<sup>3</sup>/с (м. Ізмаїл, гідроствор 115 км), при об'ємах стоку за рік 210 млн м<sup>3</sup> та 118 млн м<sup>3</sup>, відповідно (табл. 6.11).

При цьому за зведеним часовим рядом середні річні витрати води за період 1840-2015 рр. становлять в створах м.Рені – 6355 м<sup>3</sup>/с і м.Ізмаїл – 3695 м<sup>3</sup>/с, що на 4,6 і 1,0% нижче від значень річних витрат води періоду осереднення 1978-2015 рр., відповідно.

За період 1840-2015 гг. найбільші середні річні витрати води відзначалися: в 1940 р. – 9520 м<sup>3</sup>/с і 5570 м<sup>3</sup>/с, в 1941 году – 9950 м<sup>3</sup>/с і 5820 м<sup>3</sup>/с, в 1970 году – 9620 м<sup>3</sup>/с і 5540 м<sup>3</sup>/с, у 2010 р. – 9470 м<sup>3</sup>/с і 5070 м<sup>3</sup>/с, а найменші: в 1863 р. – 3610 м<sup>3</sup>/с і 2110 м<sup>3</sup>/с, в 1921 р. – 3910 м<sup>3</sup>/с і 2290 м<sup>3</sup>/с та в 1990 году – 4190 м<sup>3</sup>/с і 2550 м<sup>3</sup>/с, відповідно в м. Рені і м. Ізмаїл.

Найбільші витрати води (отримані по строкових спостереженнях за рівнем води), зазвичай в період весняно-літнього водопілля, в середньому за період 1978-2015 рр. становлять 11800 м<sup>3</sup>/с (м. Рені) і 6440 м<sup>3</sup>/с (м. Ізмаїл), з абсолютним максимумом у липні 2010 р. – 15500 м<sup>3</sup>/с і 8960 м<sup>3</sup>/с, відповідно (табл. 6.11). Такі величини за період зведеного ряду (1921-2015 рр.) на 4,5 і 3,1%, відповідно, є нижчими за дані режимного видання [5].

Таблиця 6.11 - Середні і характерні витрати води р. Дунай (період 1978-2015 рр.) [5]

Статистична величина	Середня річна витрата води, м <sup>3</sup> /с	Середній річний модуль стоку, л/с км <sup>2</sup>	Шар стоку за рік, мм	Об'єм стоку за рік, км <sup>3</sup>	Характерні витрати води			
					найбільша		найменша	
					м <sup>3</sup> /с	дата	м <sup>3</sup> /с	дата
р. Дунай – м. Рені (гідроствор, 54 миля). Площа водозбору 811 000 км <sup>2</sup>								
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 <sup>2</sup>								
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)

За період 1921-2015 рр. найбільші річні витрати води коливалися в залежності від водності року від 6670 м<sup>3</sup>/с до 16000 м<sup>3</sup>/с (м.Рені) і 3740 м<sup>3</sup>/с до 8960 м<sup>3</sup>/с (м.Ізмаїл). Найбільш високі водопілля відмічені у 1942 р. (15300 м<sup>3</sup>/с і 8490 м<sup>3</sup>/с), 1970 (16000 м<sup>3</sup>/с і 8380 м<sup>3</sup>/с), 1980 (15500 м<sup>3</sup>/с і 8160 м<sup>3</sup>/с), 1981 (15000 м<sup>3</sup>/с і 7930 м<sup>3</sup>/с), 1988 (14400 м<sup>3</sup>/с і 7620 м<sup>3</sup>/с), 2006 (14900 м<sup>3</sup>/с і 8410 м<sup>3</sup>/с), а також у 2010 р.

Літньо-осінній мінімум є найнижчим протягом року. В режимному виданні [5] 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 м<sup>3</sup>/с (м.Рені) і 1830 м<sup>3</sup>/с (м.Ізмаїл), з абсолютним мінімумом 2000 м<sup>3</sup>/с (13.09.1990) і 1100 м<sup>3</sup>/с (05-11.09.2003), відповідно (табл. 6.11). Так само ж оцінені величини найменших річних витрат води за період зведеного ряду (1921-2015 рр.), які на 6,2 і 1,1%, відповідно також є нижчими за осереднені величини найменших витрат води періоду 1978-2015 рр. За період 1921-2015 рр. найменші витрати води коливалися від 1280 м<sup>3</sup>/с до 6140 м<sup>3</sup>/с (м.Рені) і 1030 м<sup>3</sup>/с до 3460 м<sup>3</sup>/с (м.Ізмаїл).

В результаті аналізу багаторічних характеристик стоку води виконане дослідження часових тенденцій звідного багаторічного ряду середніх річних (за період 1840-2015 рр., тривалістю 176 років) та максимальних і мінімальних (1921-2015 рр., періодом 95 років) витрат води р.Дунай – м.Рені. Аналіз часових рядів показав наявність вираженого майже вікового тренду до підвищення максимальних витрат води та слабо вираженого – для середніх і мінімальних витрат води (рис. 6.21).

При цьому коефіцієнти кореляції трендів як середніх ( $r=0,20$  для періоду 176 років), так і максимальних (при  $r=0,30$ ) та мінімальних ( $r=0,22$ ) витрат води (для періоду 95 років) є значущими. Практично такі самі тенденції відмічаються й для рівнів води.

У внутрішньорічному ході середньомісячних витрат води р. Дунай по створах Рени (г/с 54 міля) і Ізмаїл (г/с 115 км) для багатоводних, середньоводних і маловодних років (за сумісний ряд даних 1960-2015 рр.) спостерігається однотипність статистичного розподілу стоку за сезонами водності річки [20].



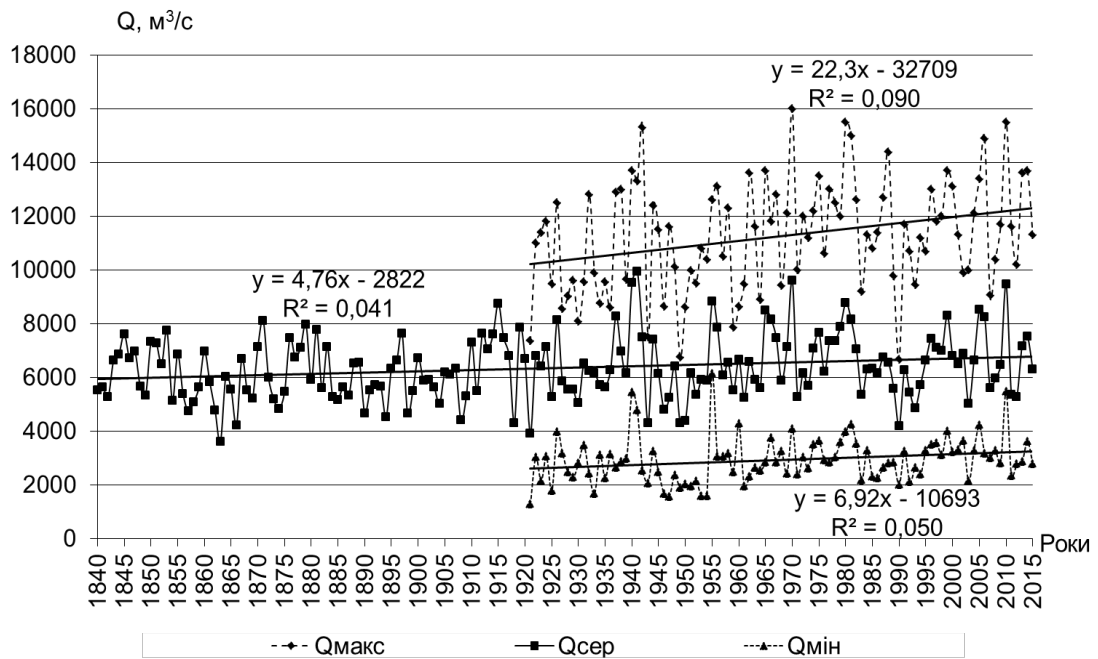


Рисунок 6.21 – Сумісний графік, середніх (1840-2015 рр.), максимальних і мінімальних (1921-2015 рр.) витрат води р.Дунай – м.Рені, м<sup>3</sup>/с

Внутрішньорічний хід середніх, максимальних і мінімальних місячних витрат води Дунаю у м. Рені і м. Ізмаїл (1960-2015 рр.) (рис. 6.22) показав, що найбільша доля стоку припадає на весняно-літній період формування водопілля (зазвичай у багатоводні роки максимуми водопілля зміщуються до більш пізніх дат – травень-червень), а найменша – на осінній період формування меженого стоку. Крім того, у внутрішньорічному розподілі максимальних місячних величин стоку води вираженим є підвищення стоку в листопаді. В розподілі мінімальних місячних значень стоку води внутрішньорічний розподіл менш виражений.

В свою чергу, в роботі [21] автором Б.Ф. Христюком для аналізу внутрішньорічного розподілу водності нижньої течії р. Дунай побудований осереднений гідрограф р. Дунай – м. Рені за період спостережень 1921-2010 рр., який має плавну синусоїдальну форму. Відхилення гідрографів окремих років від осередненого має місце у різні періоди водності впродовж року, при найменших – періоду найнижчої водності.

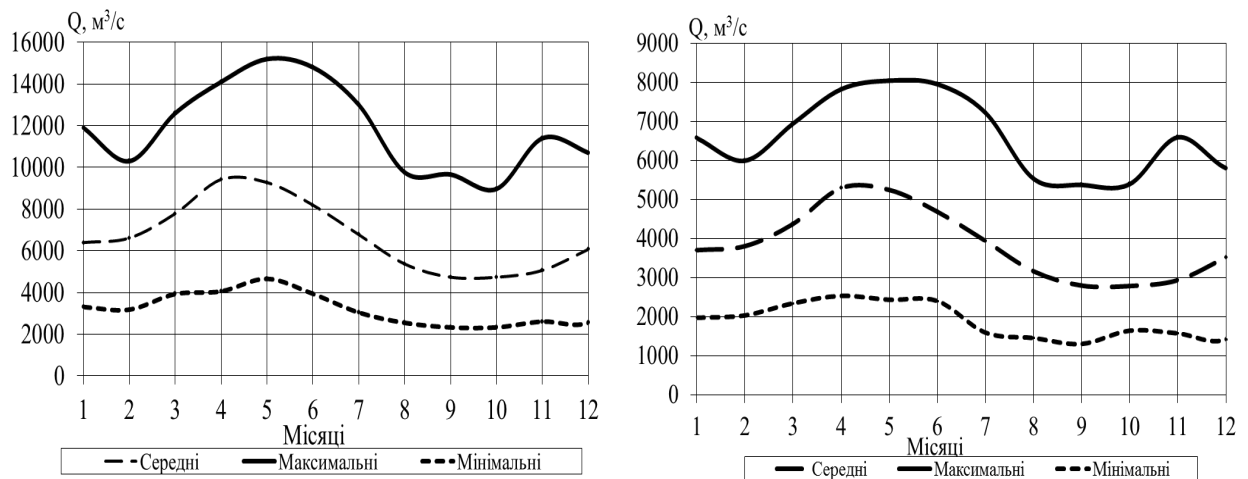


Рисунок 6.22 - Внутрішньорічний хід середніх, максимальних і мінімальних місячних витрат води Дунаю у м. Рені і м. Ізмаїл (за період 1960-2015 рр.)

Таким чином, виконані в роботі дослідження багаторічних і сучасних тенденцій в змінах гідрологічного режиму р. Дунай на українській ділянці від гідроствору м. Рені до м. Ізмаїл показали наявність позитивних тенденцій водності річки, зокрема максимального стоку.

#### 6.1.4 Дослідження часової однорідності та статистичні параметри багаторічних рядів стоку води р. Дунай на ділянці Рені-Ізмаїл

З метою виявлення змін характеристик ряду стоку авторами роботи до статистичного аналізу був прийнятий реконструйований В.М. Михайловим [3] 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 1921-2015 рр. (для максимальних та мінімальних) річних витрат води.

При цьому для урахування антропогенного впливу на річковий стік води В.М. Михайловим [3] 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 [3],[22]-[25] 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 [26] 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 даної роботи, по аналогії з [3], виділено період найбільш зміненого під антропогенним впливом режиму стоку річок (1961-1989 рр.) та період сучасної водності, в якому спостерігалися суттєві кліматичні зміни (1990-2015 рр.) [20].

При виконанні перевірки однорідності рядів авторами використаний метод сумісного аналізу гідрологічної інформації по стоку у різні періоди водності за критеріями однорідності (Фішера, Стьюдента та Уїлкоксона) [8], [10].

Перевірка однорідності часових рядів середніх річних витрат води виконувалася за обрані періоди, що відповідають періоду умовно природнього режиму стоку води (1840-1920 рр.), слабо зміненого режиму (1921-1960 рр.), періоду зміненого під антропогенним впливом режиму стоку річок (1961-1989 рр.) і періоду сучасної водності при впливі кліматичних змін – 1990-2015 рр. (табл. 6.12, табл. 6.13). Дані табл.6.12 та табл. 6.13 свідчать про те, що за усіма критеріями (на рівні значущої ймовірності 5%) часові ряди спостережень по посту у м. Рені слід вважати однорідними, а по посту Ізмаїл – однорідність підтверджується для періодів умовно природнього стоку (1840-1920 рр.) та слабо зміненого режиму (1921-1960

рр.) за всіма критеріями. В подальші періоди порушення однорідності рядів середньорічних витрат води м. Ізмаїл за критерієм Стьюдента (значення критеріїв близькі до критичних) пов'язане з антропогенним чинником, що відрізняє середні витрати води цих періодів. Причина полягає у проведенні гідротехнічних заходів по збільшенню довжини рукавів румунської дельти Дунаю (в 1968-1982 рр. в Сулінському, а в 1981-1992 рр. – в Георгіївському), що визвало скорочення водності на українській частині Дунаю у Кілійському рукаві (з 62% до 52,0-55,1% відносно стоку румунських рукавів) [3].

В свою чергу, в роботі Л. Горбачової і Б. Христюка [27] здійснено оцінку однорідності та стаціонарності середньорічного стоку води Нижнього Дунаю у м.Рені за гідролого-генетичними методами – при побудові сумарної і різнісної інтегральної кривих, суміщених хронологічних графіків [28]. Аналіз сумарних кривих середньорічного стоку води (за період 1921-2010 рр.) дозволив авторам [27] зробити висновок, що ряд спостережень є однорідним. Побудовані різницево-інтегральні криві середньорічного водного стоку річок нижньої течії Дунаю відзначаються наявністю циклів різної тривалості. Аналіз суміщених графіків показав, що спостерігається синхронність коливань стоку води на різних гідрологічних постах в межах досліджуваного регіону.

В результаті статистичної обробки зведених багаторічних рядів витрат води, на основі застосування методів моментів і найбільшої правдоподібності одержані стандартні параметри розподілу - середні значення  $Q_{сер}$ , м<sup>3</sup>/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. 6.14.

Таблиця 6.12 - Оцінка однорідності часових рядів середніх річних витрат води р. Дунай – м. Рені (г/с 54 миля) м. за період 1840-2015 рр.

Дунай-Рені	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
(1840-1920) – (1921-1960)	81/40	5%	1,58	1,62	так	0,8	1,98	так	так	так
(1921-1960) – (1961-1989)	40/29	5%	1,4	1,98	так	1,64	2,0	так	так	так
(1961-1989) – (1990-2015)	29/26	5%	1,19	2,2	так	0,78	2,01	так	так	так

Таблиця 6.13 - Оцінка однорідності часових рядів середніх річних витрат води р. Дунай – Ізмаїл (г/с 115 км) за період 1840-2015 рр.

Дунай-Ізмаїл	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
(1840-1920) – (1921-1960)	81/40	5%	1,57	1,62	так	0,8	1,98	так	так	так
(1921-1960) – (1961-1989)	40/29	5%	1,58	1,98	так	2,19	2,0	ні	ні	ні
(1961-1989) – (1990-2015)	29/26	5%	1,41	2,19	так	2,17	2,01	ні	ні	ні

Таблиця 6.14 - Статистичні характеристики часових рядів стоку води р. Дунай по м. Рені та м. Ізмаїл

Статистична величина	$Q_{сер},$ м <sup>3</sup> /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	6355	0,25	0,19	0,44	2,40	0,19	0,45	2,40
максимальні	11266	0,18	0,18	0,03	0,20	0,18	0,08	0,40
мінімальні	2926	0,11	0,29	1,05	3,60	0,29	1,09	3,70
р. Дунай - м. Ізмаїл								
середні	3695	0,27	0,19	0,40	2,10	0,19	0,42	2,20
максимальні	6242	0,16	0,17	-0,03	-0,20	0,17	0,02	0,10
мінімальні	1810	0,09	0,25	1,03	4,20	0,24	1,09	4,50

В роботі [3] 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 (1840-2015 рр., 176 років) коефіцієнти варіації становлять для обох постів 0,19, а співвідношення  $C_s/C_v$  – на рівні 2,1-2,4 (табл. 6.14). Для максимальних витрат води гідростворів м. Рені та м. Ізмаїл (для періоду 1921-2015 рр., 95 років) коефіцієнти варіації одержані рівними 0,17-0,18, для мінімальних витрат води  $C_v$  дещо вищі для створу м. Рені і становлять 0,29.

Співвідношення  $C_s/C_v$  максимальних витрат води весняно-літнього водопілля становлять 0,20-0,40 (м. Рені), зменшуючись до -0,2;-0,1 (м. Ізмаїл). Для мінімальних витрат води, вони значно більші і становлять для створу м. Рені 3,60-3,70, збільшуючись для м. Ізмаїл до 4,20-4,50 [20]. Таким чином, виконані в роботі дослідження часової однорідності багаторічних рядів стоку води р. Дунай на українській ділянці від м.Рені до м. Ізмаїл показали, що порушення їх однорідності пов'язане як з антропогенним чинником, так і змінами клімату, що вплинули на гідрологічний режим річки.

6.2 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації та просторовий аналіз природного середовища для формування гідрохімічного режиму в озері Ялпуг-Кугурлуй

Гідрологічна та гідрохімічна ситуація, що виникла на даний час на Придунайських водосховищах, викликає занепокоєння і вимагає термінового рішення. Серед усіх водних об'єктів особливе занепокоєння викликає ситуація на водосховищі Ялпуг, на якому знаходиться питний водозабір міста Болград.

Озеро Ялпуг-Кугурлуй є найбільшою природною прісноводною водоймою України. До середини 60-х років минулого століття природний водообмін між р. Дунай і озерами відбувався через протоки, що сполучали озеро з річкою, а при високих рівнях - шляхом вільного переливання води через бровки русла. Динаміка рівнів води у водоймах відповідала їх динаміці в річці, що забезпечувало хороший водообмін і високу якість води. Мінералізація озер Ялпуг і Кугурлуй була близька до мінералізації дунайської води, особливо в період наповнення озер.

Низка водогосподарських заходів, проведених у кінці 60-х років минулого століття, викликала істотні зміни в гідрологічному режимі озер і негативно вплинула на їх гідрохімічний режим. Після будови на місці проток, штучних каналів з шлюзами, рівневий режим озер став частково зарегульованим.

При цьому за даними Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю максимальні рівні води в озерах знизилися більш ніж на 1м, а коефіцієнти водообміну - зменшилися удвічі, що привело до зростання мінералізації води в озерах понад 2.0 г/дм<sup>3</sup> у м.Болград.

Нині якість води в системі озер у більшості випадків не відповідає вимогам, що пред'являються до питних та зрошувальних вод державними

стандартами України. Відзначається зростання змісту біогенних елементів і забруднюючих речовин, обумовлений використанням добрив в сільському господарстві, а також вступом господарчо-побутових стоків з населених пунктів і з промислових об'єктів без належного очищення. пов'язаних з відновленням раціонального використання природних ресурсів озера Ялпуг-Кугурлуй. У зв'язку з цим, актуальним при рішенні цілого ряду проблем являється аналіз гідрологічного і гідохімічного режимів і розробка рекомендацій, спрямованих на підтримку оптимальних умов функціонування озер з урахуванням вимог Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЕС [29].

Водна Рамкова директива ЄС визначає основні принципи управління водними ресурсами та шляхи досягнення доброї якості води і безпечного стану річок і водойм. Одним із головних принципів, викладених у Водній Рамковій директиві ЄС є інтегрована басейнова модель управління водними ресурсами, що передбачає спільні дії усіх держав, що знаходяться у басейнах річок. В наступних пунктах розглянуті риси природного середовища при формуванні гідохімічного режиму в озері Ялпуг-Кугурлуй.

### 6.2.1 Географічне положення і рельєф

Басейн української частини р. Дунай розташований на території 8 адміністративних районів Одеської області, а саме на території Ізмайльського, Ренійського, Кілійського, Болградського, Саратського, Татарбунарського, Арцизьського та Тарутинського [11], [30].

В нижній течії Дунаю в межах Одеської області розташовані прісноводні заплавні озера. Усі вони витягнуті з півночі на південь і примикають до Дунайської заплави. Найбільшими з них є Ялпуг, Кугурлуй, Кагул, Катлабух, Китай.



У геологічній будові досліджуваної території приймали участь докембрійські, палеозойські, мезозойські і кайнозойські відкладення. Найбільший інтерес представляють відкладення верхнього кайнозою (палеогену і неогену) і четвертична системи. Відкладення палеогенової системи представлені двома відділами (палеоцен і еоцен) і широко розповсюджені на території, неузгоджено залягаючи на розмитій поверхні верхньої крейди [11].

Озеро Ялпуг-Кугурлуй є найбільшим з групи Придунайських прісноводних водойм Одеської області. Площа водозбору озера дорівнює 44300 км<sup>2</sup>. Система, що складається з двох озер - Ялпуг і Кугурлуй, розділених земляним насипом автодороги Рени-Ізмаїл з наявністю мостового отвору в ній, трьома каналами з шлюзами Скунда, 105-й км і Репида з'єднується з річкою Дунай, яка служить основним джерелом водообміну і водооновлення в озерах. Карта-схема оз. Ялпуг-Кугурлуй, шлюзів регуляторів наведено на рис.6.23 [3],[11],[30]-[32].



Рисунок 6.23 - Карта-схема шлюзів-регуляторів на водосховищі Ялпуг-Кугурлуй [32]

## 6.2.2 Особливості водного режиму

Водне живлення озера здійснюється головним чином внаслідок водообміну з озером Кугурлуй, з яким воно сполучене протокою у південній частині.

З півночі впадає річка Ялпуг, з північного сходу підходить невелика річка Карасулак, що впадає в озеро біля селища Криничне (Болградський район), а в районі села Тополине в озеро впадає річка Минзул.

В наш час вплив річок на водний баланс озера практично незначний, оскільки через істотне зарегулювання, стік вод з річок до озера практично припинився [3].

Зменшення об'єму води в озерах сприяє збільшенню її мінералізації. Так, в умовах Одеської області до початку вегетаційного періоду середня мінералізація в озерах повинна знаходитися близько  $1 \text{ г/дм}^3$ , а співвідношення іонів  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) / \text{Ca}^{2+}$  - менше одиниці.

У осінній період (найчастіше в листопаді-грудні), коли рівні р. Дунай відповідають допустимим, робиться регламентне скидання води з озера в річку.

При цьому рівні води в озері не можуть знижуватися нижче рівня мертвого об'єму (РМО). Навесні, в період повені на р. Дунай шлюзи відкриваються і озеро наповнюється водою для вирівнювання горизонтів з р. Дунай.

При спаді рівнів на р. Дунай шлюзи закриваються і озеро спрацьовується за рахунок випаровування, водозаборів і фільтрації. Живлення р. Дунай - снігове, дощове і ґрунтове.

Обсяг річного стоку в середніх багаторічних умовах становить  $198800 \text{ млн. м}^3$ . Графік коливання РВ по шлюзам-регуляторам на водосховищі Ялпуг-Кугурлуй наведено на рис. 6.24 [32].



Рисунок 6.24 - Графік коливання рівнів води по водосховищу Ялпуг – Кугурлуй та шлюзів регуляторів у 2018 році [32]

### 6.2.3 Антропогенне навантаження

На теперішній час екосистеми Придунайських водойм зазнають значного антропогенного тиску внаслідок активного впливу на їхні акваторії та басейн. Наприкінці 50-х років в інтересах землеробства і рибного господарства почалося відокремлення водойм від Дунаю, завершене в основному в 60-ті роки. Таким чином, прямий зв'язок з річкою був порушений і водойми перетворені по-суті в наливні водосховища з регулюючими рівнями. В зимово-весняні місяці вони наповнюються, потім йде спрацювання рівня. Значні зміни відбулися на площі водозбору: більш ніж 50% території дельти знаходяться під сільськогосподарськими угіддями, 13% – займає рибне, 19% – очеретово-заготовче господарство [32].

Щорічно з дренажними та стічними водами до озер надходить велика кількість мінеральних солей, ядохімікатів, органічних речовин тощо. В той же час, значні об'єми води відбираються на зрошування та водопостачання населених пунктів.

Вода Ялпуга використовується для питного і зрошувального водопостачання. Забруднення органічними речовинами води водних об'єктів Придунав'я здійснюється за рахунок побудованих ферм, звалищ сміття, рибогосподарської діяльності на водних об'єктах. На всіх водосховищах та малих річках, де населені пункти знаходяться в межах прибережних захисних смуг населення використовує ПЗС, як сміт'є звалища, а мали річки засипаються побутовим сміттям, яке у весняний період в період значних опадів течією річки зноситься в водосховища. Антропогенне навантаження також відбувається за рахунок скиду стічних вод від суб'єктів господарювання. Проблемними питаннями у відносинах між Республікою Молдова та Одеською областю є періодичні скиди забруднюючих речовин у транскордонні водотоки (малі річки), а саме у р. Великий Ялпуг, яка тече з території Молдови в Україну та впадає в оз. Ялпуг (Болградський район) – єдине джерело водопостачання м. Болград [32].

#### 6.2.4 Моніторинг досліджуваної території

В Україні завдання моніторингу водного середовища виконують різні відомства, серед них найбільш відповідає ідеології ВРД Державна гідрометеорологічна служба. Згідно із законодавчими актами України Держгідромет забезпечує здійснення базових гідрохімічних та гідробіологічних спостережень за вмістом забруднювальних речовин у річкових, озерних і морських водах. Фактично на сьогодні в Україні це єдине відомство, що може надати узагальнений аналіз стану поверхневих вод [33].

Згідно з програмою державного моніторингу довкілля затвердженою Державним агентством водних ресурсів України від 01.01.2018, в частині проведення Держводагентством радіологічних та гідрохімічних спостережень за станом поверхневих вод у переліку створів спостережень по басейну р.Дунай [32]. У даній роботі використана інформація по 5 створах мережі моніторингу згідно вищезазначеної програми, які наведені на рис.6.25.

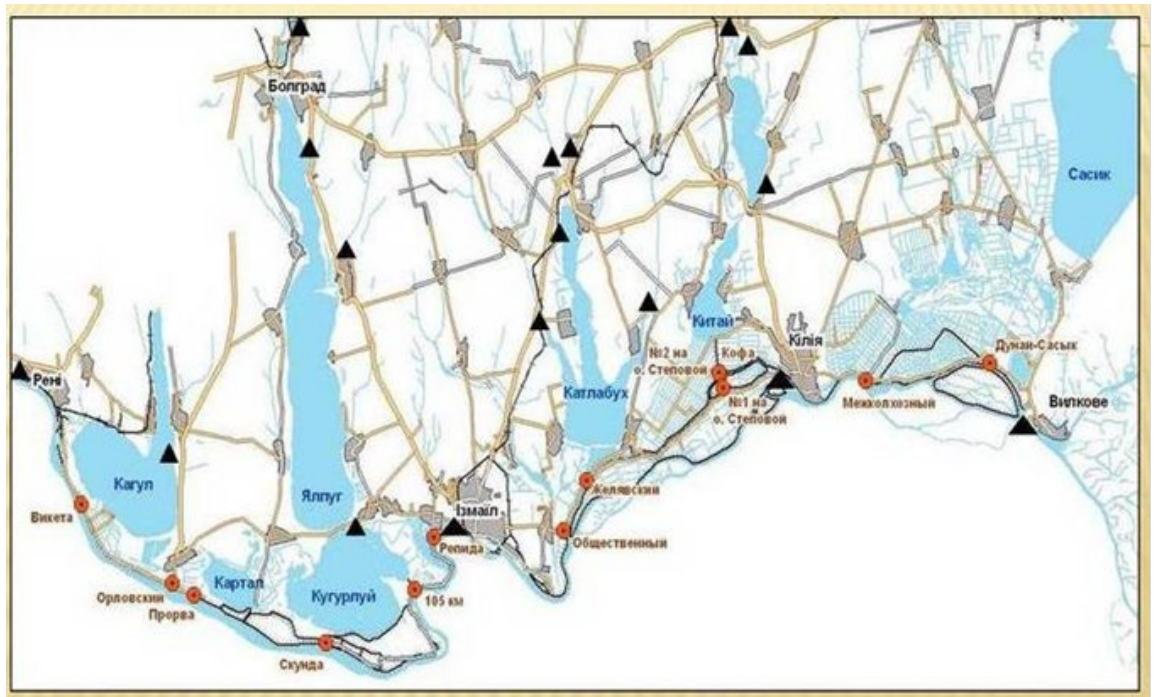


Рисунок 6.25 - Пункти спостереження якості води в зоні діяльності Дунайського РОВР [32]

За досліджувальний період, а саме з 2006 по 2018, використані дані об'єктів спостережень, на яких здійснювався державний моніторинг вод за даними лабораторії моніторингу вод Дунайського регіонального офісу водних ресурсів згідно до затвердженої програми моніторингу вод Державного агентства водних ресурсів України: 1) р.Дунай - 163 км від гирла ріки, м.Рені, кордон з Румунією; 2) оз.Ялпуг - Болградський питний водозабір с.Оksamитне Болградського району; 3) оз.Кугурлуй – 0 км. с.Нова Некрасівка Ізмаїльського району; 4) р. Ялпуг - впадає в оз. Ялпуг-Кугурлуй; 5,4 км від гирла; с. Табаки Болградського району, кордон з Молдовою; 5) р.

Карасулак - впадає в оз. Ялпуг-Кугурлуй; 3,3 км від гирла по руслу ріки; с. Криничне Болградського району.

Кількість вимірювань по пунктах відбору проб за досліджуваний період наведена у табл. 6.15

Таблиця 6.15 - Кількість вимірювань по пунктах відбору проб за період 2006-2018 рр.

Роки	Пункти				
	р. Дунай м.Рені	оз.Ялпуг Болградський водозабір	оз.Кугурлуй с.Нова Некрасовка	р.Ялпуг с.Табаки	р.Карасулак с.Криничне
2006	12	20	5	4	5
2007	13	20	5	4	6
2008	13	21	5	4	4
2009	12	12	4	5	2
2010	12	17	4	5	4
2011	12	21	4	3	3
2012	11	21	4	5	4
2013	10	19	4	4	4
2014	11	12	4	4	4
2015	12	12	5	4	4
2016	12	14	5	4	4
2017	12	14	5	4	4
2018	12	14	5	4	4

За період 2006-2018рр. найбільша кількість вимірювань проводилась на пункті відбору проб води на озері Ялпуг Болградський водозабір, було відібрано 217 проб води. Найменша кількість вимірювань спостерігається на пункті відбору проб р.Карасулак с.Криничне, за період 2006-2018рр. було відібрано 52 проб води [32].

### 6.3 Гідрохімічна характеристика озера Ялпуг-Кугурлуй

#### 6.3.1 Мінералізація і головні іони

В озері Ялпуг, особливо в північній частині, існує тенденція до забруднення води, підвищення мінералізації, що впливає як на питне водопостачання м. Болграда, так і на обмеження для іригаційних та інших цілей, особливо в меженний період, тобто за відсутності водообміну з р. Дунай [34]-[37]. Аналогічні результати були отримані при розрахунках на р. Дніпро [38].

Особливості режиму концентрацій головних іонів і загальної мінералізації ( $\Sigma$  іонів) досліджувались за період 2006-2018 рр., які характеризувались по пунктах постережень на водних об'єктах регіону досліджень. Значення середньорічної мінералізації водних об'єктів за період 2006-2018 рр. наведено в табл.6.15, рис.6.26.

*Річка Дунай-місто Рені.* Середньорічна концентрація головних іонів у воді р.Дунай – м.Рені за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup> наведена у табл.6.16, рис.6.27.

Аналіз отриманої інформації показав, що середня річна мінералізація води р. Дунай – м. Рені змінювалась в межах від 307,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2009 р. до 370,2мг/дм<sup>3</sup> в 2006р. і в середньому складала 332,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) коливалась у межах від 169,8 мг/дм<sup>3</sup> в 2007 р. до 190,9 мг/дм<sup>3</sup> в 2015р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 186,4 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 6.15 – Середньорічні значення мінералізації водних об'єктів за період 2006-2018 рр., мг/дм<sup>3</sup>

Роки	Пункти спостережень				
	р. Дунай м. Рені	оз. Ялпуг Болградський водозабір	оз. Кугурлуй с. Нова Некрасовка	р. Ялпуг с. Табаки	р. Карасулак с. Криничне
2006	370,2	1228,5	822,8	3743,0	4163,0
2007	320,3	1197,0	762,4	3212,0	2703,0
2008	315,5	1066,0	802,5	4253,0	3025,0
2009	307,5	1038,6	728,2	3407,3	5262,0
2010	341,9	968,0	651,5	3228,2	4515,0
2011	358,8	991,0	742,0	3889,0	4276,0
2012	327,9	1056,0	748,5	5283,0	3287,0
2013	334,8	957,0	794,3	2721,0	3360,0
2014	344,9	1053,0	767,2	3258,0	3987,0
2015	359,0	1048,0	850,3	4705,0	3771,0
2016	345,1	1008,1	899,4	3936,3	4729,1
2017	353,2	1587,5	921,2	3619,7	4504,1
2018	346,1	1423,1	1051,1	3431,7	4365,4

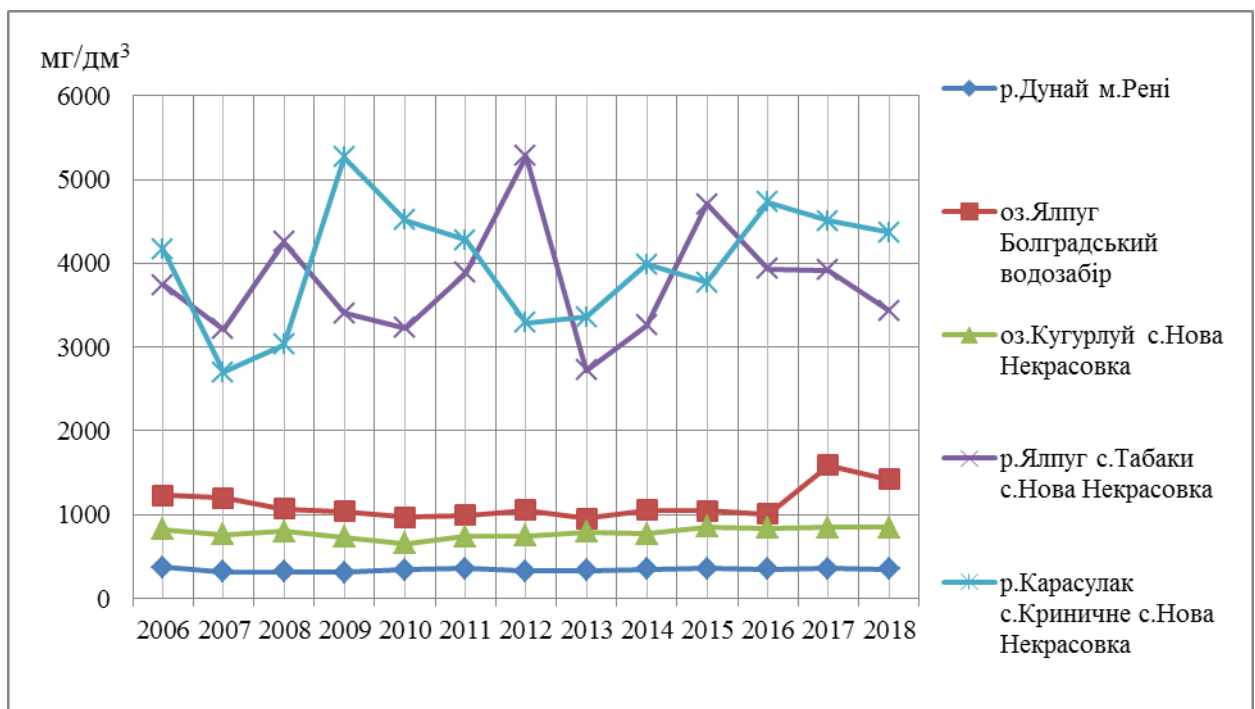


Рисунок 6.26 - Середньорічні значення мінералізації водних об'єктів за досліджуваний період 2006-2018 рр.



Середньорічна концентрація сульфатних іонів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) змінювалась у межах від 36,9 мг/дм<sup>3</sup> в 2007р. до 40,2 мг/дм<sup>3</sup> у 2015р. Середня концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період складала 39,6 мг/дм<sup>3</sup>. За досліджуваний період не відмічається тенденції як у змінах мінералізації так і основних іонів.

Таблиця 6.16 - Середньорічна концентрація головних іонів у воді р.Дунай – м.Рені за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Гідрокарбонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій+Калій
2006	198,7	44,3	31,8	59,1	16,1	21,3
2007	169,8	36,9	29,5	48,7	12,7	22,8
2008	169,9	36,1	28,3	51,9	13,6	15,7
2009	167,0	35,4	26,0	51,0	12,9	14,9
2010	186,3	41,0	27,0	54,4	15,0	18,0
2011	189,1	45,9	31,0	52,5	16,5	23,6
2012	172,9	38,5	27,7	51,9	14,5	17,7
2013	177,2	37,2	28,4	52,5	14,1	19,8
2014	189,0	33,6	28,0	54,3	14,4	20,9
2015	190,9	40,2	29,5	53,9	14,4	25,1
2016	185,4	37,6	27,4	54,0	12,9	22,9
2017	184,5	39,6	31,5	55,0	12,4	25,9
2018	184,3	37,7	29,9	53,7	13,1	23,7

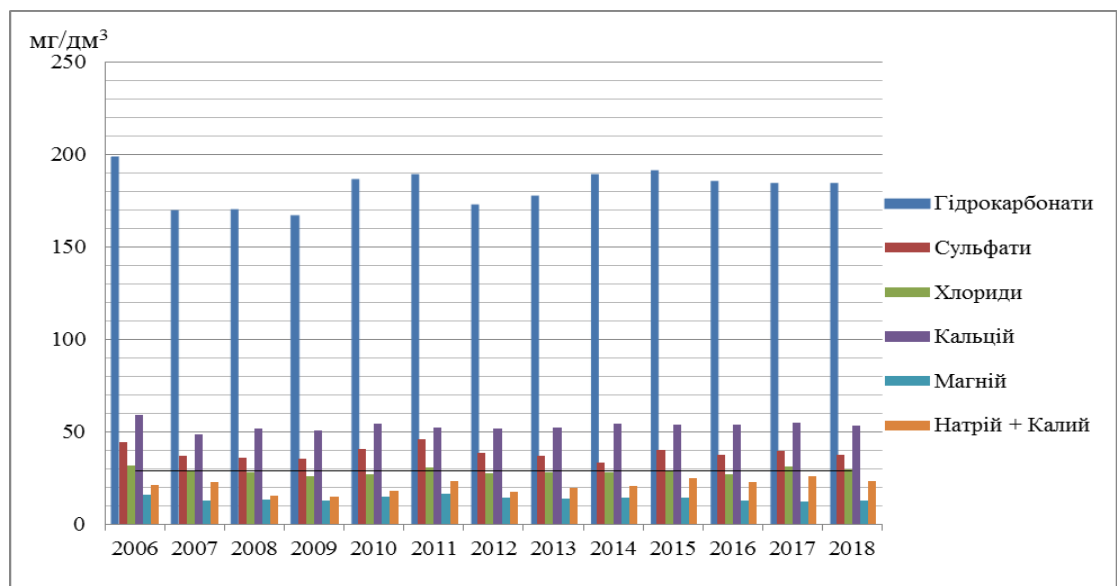


Рисунок. 6.27 - Середньорічна концентрація головних іонів у воді р.Дунай –м.Рені за період 2006-2018рр.

*Оз.Ялуг - Болградський водозабір.* Особливості режиму концентрацій головних іонів і загальної мінералізації ( $\Sigma$  іонів) досліджувались за період 2006-2018 рр., які характеризувались по пункту спостереження Болградський питний водозабір.

Середньорічна концентрація іонів у воді Болградського питного водозабору за період 2006-2018 рр., мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл. 6.17, рис.6.28.

Аналіз отриманої інформації показав, що середня річна мінералізація води Болградського водозабору змінювалась в межах від 957,0 мг/дм<sup>3</sup> в 2013 р. до 1587,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2017 р. і в середньому складала 1003,6 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальна одинична величина мінералізації складала 1587,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів ( $\text{HCO}_3^-$ ) коливалась у межах від 232,2 мг/дм<sup>3</sup> в 2011 р. до 301,7 мг/дм<sup>3</sup> в 2017 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 236,7 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація сульфатних іонів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) змінювалась у межах від 264,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2013 р. до 512,6 мг/дм<sup>3</sup> в 2017 р. Середня концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період складала 310,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрація хлоридних іонів ( $\text{Cl}^-$ ) у воді коливалася в межах від 167,9 мг/дм<sup>3</sup> у 2010р. до 281,1 мг/дм<sup>3</sup> у 2017р. Середня концентрація хлоридних іонів за досліджуваний період складала 178,8 мг/дм<sup>3</sup>.

Серед катіонів звертають на себе увагу концентрації іонів натрію ( $\text{Na}^+$ ) і калію (К). Їх середньорічні величини змінювались від 182,4 мг/дм<sup>3</sup> в 2010 р. до 360,1 мг/дм<sup>3</sup> в 2017 р. Середній вміст за досліджуваний період складав 207,2 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація іонів кальцію в межах Болградського водозабору змінювалась від 40,6 мг/дм<sup>3</sup> в 2013р. до 51,4мг/дм<sup>3</sup> в 2017 р. Середня концентрація за 2006-2018 рр. складала 43,9 мг/дм<sup>3</sup>.

В цілому відмічається збільшення середньорічної концентрація сульфатних іонів від 274,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2010р. до 512,6 мг/дм<sup>3</sup> у 2017р. Значних коливань вмісту інших іонів зафіксовано не було.

Таблиця 6.17 - Середньорічна концентрація іонів у воді оз. Ялпуг (Болградський питний водозабір) за період 2006-2018 рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Гідрокарбонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій+Калій
2006	259,0	381,4	215,2	51,2	67,0	254,7
2007	242,7	375,0	212,8	46,7	63,3	256,2
2008	234,4	323,5	188,2	49,5	61,6	208,8
2009	238,8	301,2	186,0	47,0	58,3	207,2
2010	239,6	274,5	167,9	45,6	58,3	182,4
2011	232,2	289,8	172,5	42,8	57,7	195,6
2012	237,6	310,9	195,7	43,6	63,3	212,9
2013	235,4	264,5	172,1	40,6	57,7	186,3
2014	257,4	301,2	179,6	46,6	60,4	206,7
2015	252,2	303,2	177,9	45,0	58,6	210,2
2016	243,2	287,2	174,7	41,4	57,8	203,1
2017	301,7	512,6	281,1	51,4	80,1	360,1
2018	283,8	452,9	251,5	48,9	75,2	310,3

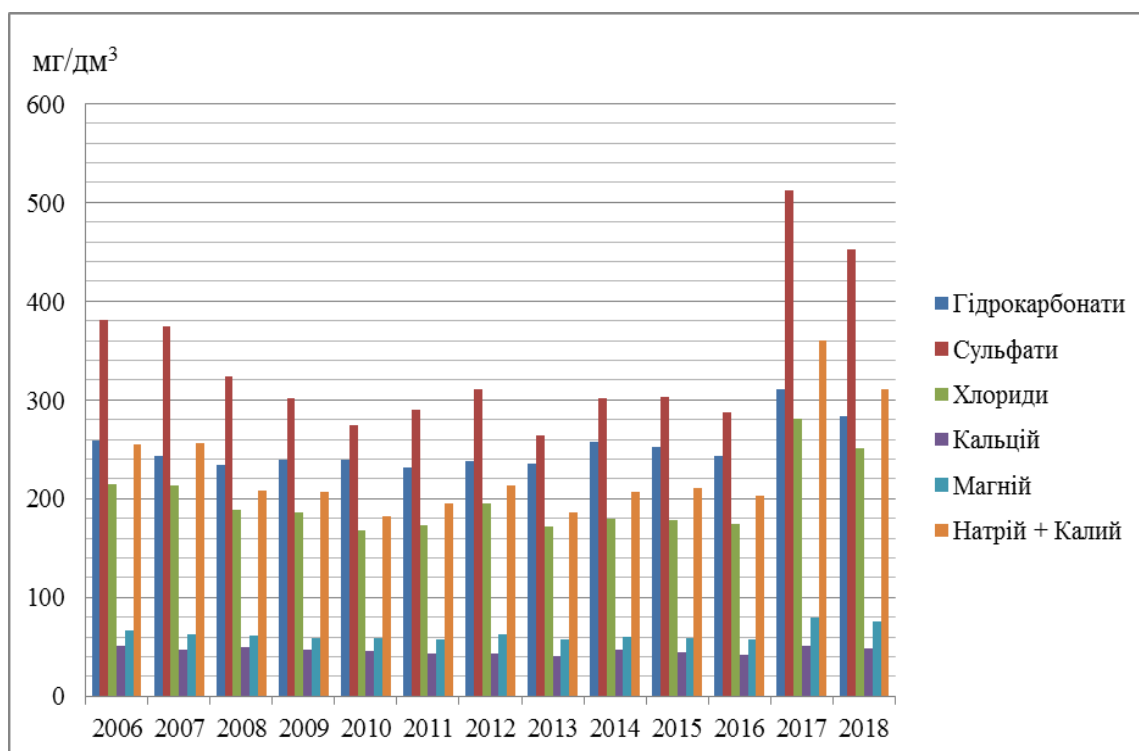


Рисунок 6.28 - Середньорічна концентрація іонів у воді оз. Ялпуг (Болградський питний водозабір) за період 2006-2018 рр.

*Оз.Кугурлуй - с. Нова Некрасовка.* Особливості режиму концентрацій головних іонів і загальної мінералізації ( $\Sigma$  іонів) досліджувались за період 2006-2018 рр., які характеризувались по посту оз.Кугурлуй – с.Нова Некрасовка.

Середньорічна концентрація іонів у воді оз.Кугурлуй – с.Нова Некрасовка за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл.6.18, рис. 6.29. Аналіз отриманої інформації показав, що середня річна мінералізація води оз.Кугурлуй – с.Нова Некрасовка змінювалась в межах від 651,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2010 р. до 1051,1 мг/дм<sup>3</sup> в 2018р. і в середньому складала 748,5 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів ( $\text{HCO}_3^-$ ) коливалась у межах від 199,6 мг/дм<sup>3</sup> в 2012 р. до 245,7 мг/дм<sup>3</sup> в 2018 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 210,4 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація сульфатних іонів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) змінювалась у межах від 155,9 мг/дм<sup>3</sup> в 2010 р. до 301,0 мг/дм<sup>3</sup> у 2018 р. Середня концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період складала 221,8 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічні величини концентрації натрію ( $\text{Na}^+$ ) та калія ( $\text{K}^+$ ) змінювались від 104,9 мг/дм<sup>3</sup> в 2010 р. до 220,0 мг/дм<sup>3</sup> в 2018 р. Середній вміст за досліджуваний період складав 165,20 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрація хлоридних іонів ( $\text{Cl}^-$ ) у воді коливалася в межах від 102,9 мг/дм<sup>3</sup> у 2010р. до 184,4 мг/дм<sup>3</sup> у 2018р. Середня концентрація хлоридних іонів за досліджуваний період складала 138,1 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація іонів кальція ( $\text{Ca}^{2+}$ ) в межах с. Нова Некрасовка змінювалась від 33,6 мг/дм<sup>3</sup> в 2012 р. до 49,6 мг/дм<sup>3</sup> в 2006 р.

В цілому можна відмітити підвищення значень сульфатів та хлоридів за досліджуваний період.

*Річка Ялпуг - с.Табаки.* Особливості режиму концентрацій головних іонів і загальної мінералізації ( $\Sigma$  іонів) досліджувались за період 2006-2018 рр., які характеризувались по посту спостереження на р. Ялпуг- с.Табаки. Середньорічна концентрація іонів у воді р.Ялпуг с.Табаки за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл. 6.19, рис. 6.30.Аналіз отриманої інформації

показав, що середня річна мінералізація води р. Ялпуг змінювалась в межах від 2721,0 мг/дм<sup>3</sup> в 2013 р. до 5283,0 мг/дм<sup>3</sup> в 2012 р. і в середньому складала 3701,1 мг/дм<sup>3</sup>. Вона залишається стабільно високою, не відзначаючи ніяких тенденцій.

Таблиця 6.18 - Середньорічна концентрація іонів у воді оз.Кугурлуй - с.Нова Некрасовка за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Гідокарбонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій +Калій
2006	221,5	226,5	132,3	49,6	44,7	148,20
2007	200,8	203,1	131,4	39,4	36,9	155,56
2008	209,3	204,3	151,9	43,5	46,0	147,60
2009	208,4	187,6	119,3	41,7	41,6	129,63
2010	206,6	155,9	102,9	41,5	39,7	104,85
2011	214,6	189,2	122,1	40,6	43,8	131,68
2012	199,6	198,8	129,0	33,6	44,7	142,75
2013	222,8	198,9	138,1	39,7	45,4	149,40
2014	225,1	187,9	129,4	40,6	44,4	139,50
2015	230,6	221,8	145,2	38,7	48,2	165,20
2016	234,8	239,4	164,3	38,8	49,0	190,3
2017	240,9	289,8	175,7	39,9	54,3	198,8
2018	245,7	301,0	184,4	41,4	56,7	220,0

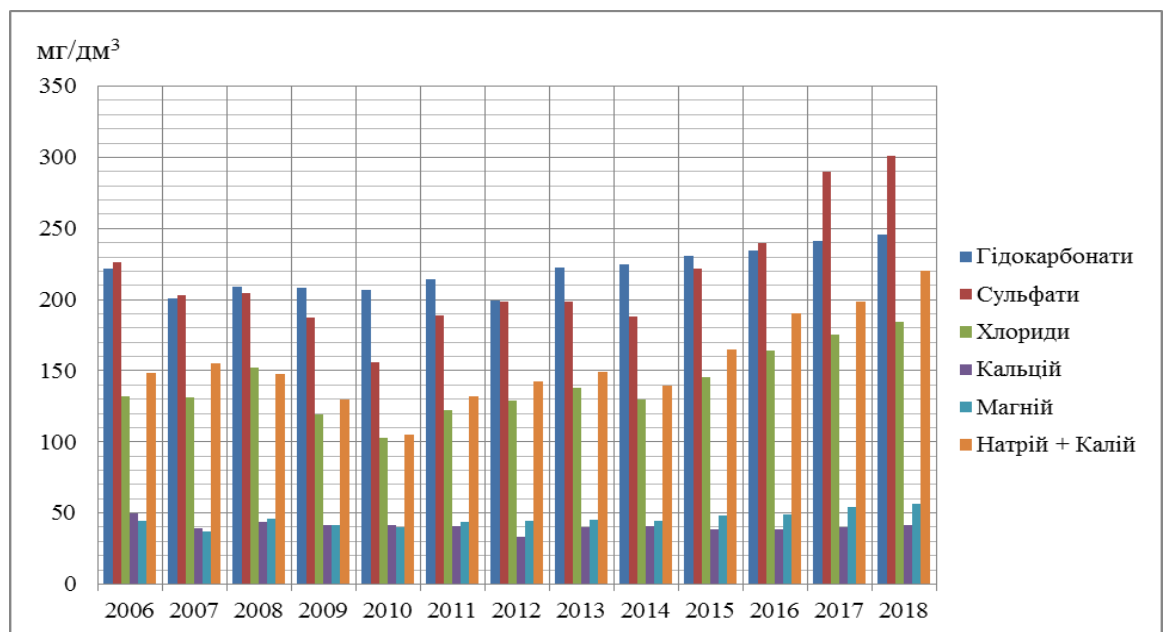


Рисунок 6.29 - Середньорічна концентрація іонів у воді оз.Кугурлуй- с.Нова Некрасівка за період 2006-2018рр.

Максимальна одинична величина мінералізації складала 4705,0 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) коливалась у межах від 375,9 мг/дм<sup>3</sup> в 2008 р. до 550,8 мг/дм<sup>3</sup> в 2006 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 467,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічна концентрація сульфатних іонів ( SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ) змінювалась у межах від 1021,1 мг/дм<sup>3</sup> в 2013 р. до 1969,1 мг/дм<sup>3</sup> у 2012 р. Середня концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період складала 1428,6 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні величини концентрації натрію (Na<sup>+</sup>) та калію (K<sup>+</sup>) змінювались від 557,7 мг/дм<sup>3</sup> в 2013 р. до 1208,1 мг/дм<sup>3</sup> в 2012 р. Середній вміст за досліджуваний період складав 806,3 мг/дм<sup>3</sup>. Тут ми бачимо чітко виражену тенденцію до збільшення значень концентрацій за період 2012-2013 рр.

Концентрація хлоридних іонів (Cl<sup>-</sup>) у воді коливалася в межах від 492,0 мг/дм<sup>3</sup> у 2014р. до 1107,7 мг/дм<sup>3</sup> у 2012р. Середня концентрація хлоридних іонів за досліджуваний період складала 810,7 мг/дм<sup>3</sup>. Значних коливань вмісту інших іонів зафіксовано не було.

Таблиця 6.19 - Середньорічна концентрація іонів у воді р.Ялпуг с.Табаки за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Гідрокарбонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій +Калій
2006	550,8	1343,1	662,0	111,4	167,1	908,9
2007	386,6	1314,7	517,4	124,1	174,0	695,0
2008	375,9	1694,2	850,4	163,8	248,0	921,1
2009	427,5	1282,3	632,9	122,9	183,6	758,1
2010	422,1	1318,4	495,8	155,0	169,1	667,8
2011	517,3	1552,4	623,4	137,6	217,7	840,2
2012	520,7	1969,1	1107,7	155,2	303,8	1208,1
2013	448,1	1021,1	421,6	120,6	148,6	557,7
2014	512,2	1249,6	492,0	116,8	168,3	716,7
2015	547,5	1854,6	810,7	160,3	237,6	1078,8
2016	558,7	1477,7	663,4	120,3	204,5	900,1
2017	619,8	1313,2	553,8	119,8	172,5	828,7
2018	496,9	1305,6	552,4	122	164,2	785,0

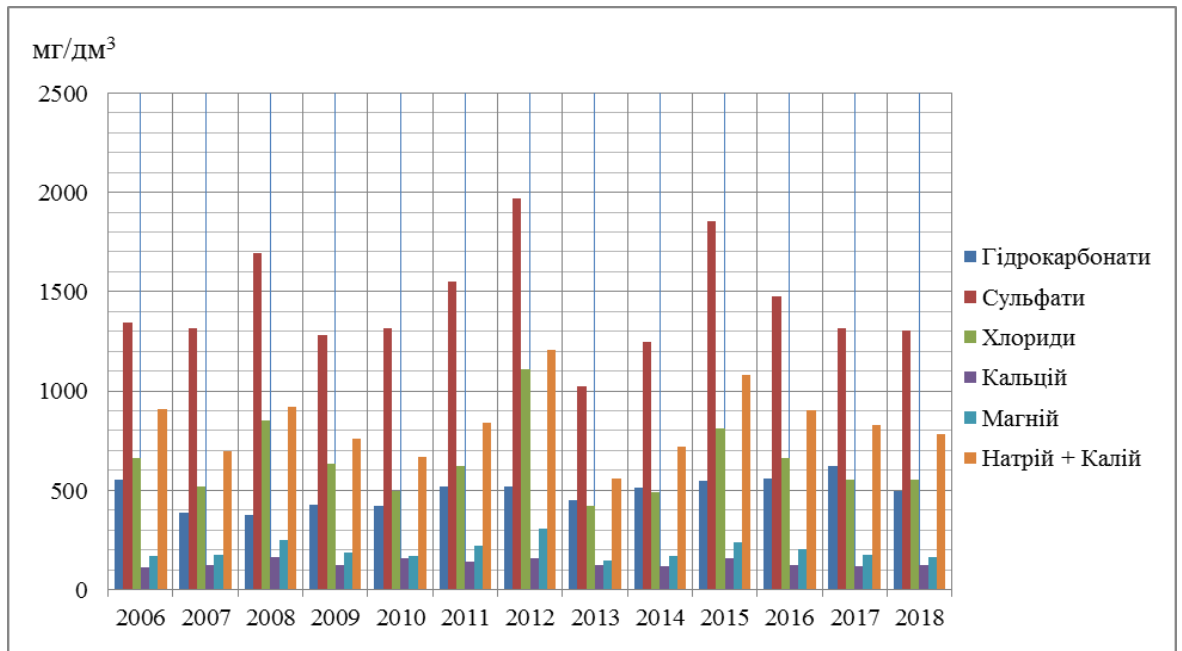


Рисунок 6.30 - Середньорічна концентрація іонів у воді р.Ялпуг - с.Табаки за період 2006-2018 рр.

*Річка Карасулак с.Криничне.* Особливості режиму концентрацій головних іонів і загальної мінералізації ( $\Sigma$  іонів) досліджувались за період 2006-2018 рр., які характеризувались по посту спостереження на р. Карасулак.

Середньорічна концентрація іонів у воді р. Карасулак за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл. 6.20, рис.6.31. Аналіз отриманої інформації показав, що середня річна мінералізація води р. Карасулак змінювалась в межах від 2703,0 мг/дм<sup>3</sup> в 2007 р. до 5262,0 мг/дм<sup>3</sup> в 2009 р. і в середньому складала 4127 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальна одинична величина мінералізації складала 5262,0 мг/дм<sup>3</sup>. Тенденцій зміни мінералізації не відзначається, вона залишається стабільно високою. Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів ( $\text{HCO}_3^-$ ) коливалась у межах від 230,9 мг/дм<sup>3</sup> в 2012 р. до 503,0 мг/дм<sup>3</sup> в 2006 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 300,8 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічна концентрація сульфатних іонів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) змінювалась у межах від 1234,7 мг/дм<sup>3</sup> в 2007 р. до 2158,6 мг/дм<sup>3</sup> у 2010 р. Середня

концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період складала 1917,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 6.20 - Середньорічна концентрація іонів у воді р. Карасулак за період 2006-2018рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Гідрокарбонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій +Калій
2006	503,0	1848,6	599,1	302,1	287,8	622,7
2007	249,8	1234,7	413,4	175,1	375,4	452,4
2008	298,5	1368,9	472,2	236,3	375,5	436,5
2009	271,4	2525,4	896,4	376,5	375,4	816,6
2010	291,9	2158,6	762,2	331,3	375,5	595,3
2011	311,9	1983,2	739,7	311,7	344,0	585,6
2012	230,9	1485,1	567,7	221,3	237,8	514,8
2013	397,9	1432,7	514,5	260,6	232,4	483,7
2014	380,6	1710,6	699,4	250,6	285,2	646,2
2015	373,5	1621,4	627,3	218,4	256,5	648,8
2016	262,5	2176,1	825,1	275,7	326,0	824,0
2017	352	1907,9	712,4	279,2	309,3	911,9
2018	344,4	1960	724,9	295,1	309,6	686,1

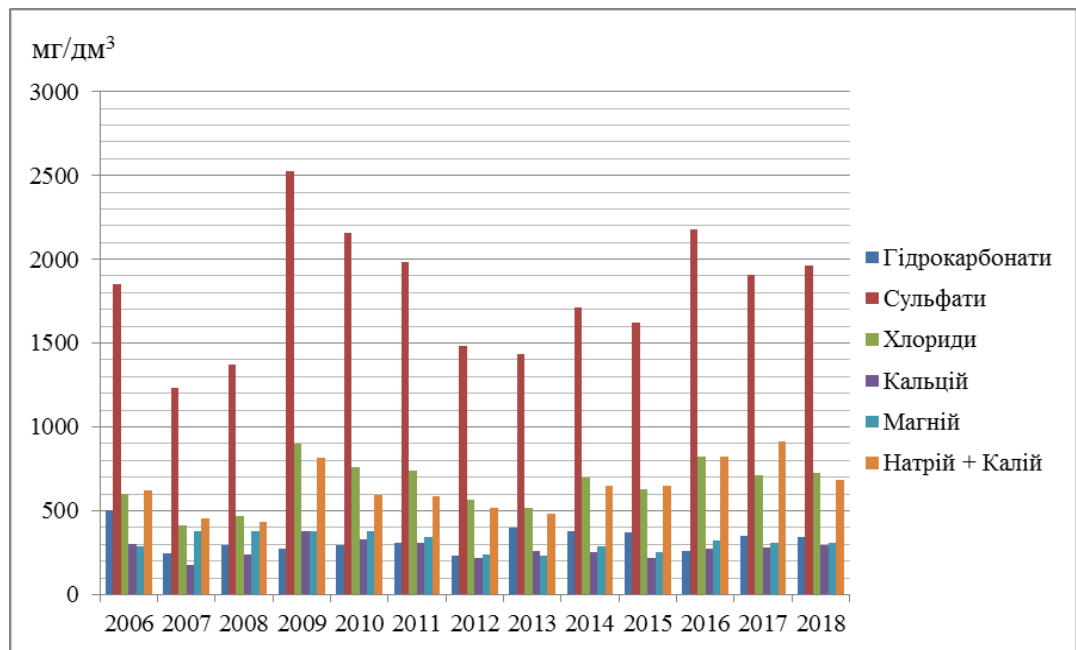


Рисунок 6.31 - Середньорічна концентрація іонів у воді р. Карасулак за період 2006-2018рр.



Середньорічні величини концентрації натрію ( $\text{Na}^+$ ) та калію ( $\text{K}^+$ ) змінювались від 436,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2008 р. до 911,9 мг/дм<sup>3</sup> в 2017 р. Середній вміст за досліджуваний період складав 599,2 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація іонів кальція ( $\text{Ca}^{2+}$ ) в межах р. Карасулак змінювалась від 175,1 мг/дм<sup>3</sup> в 2007 р. до 376,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2009 р. Тут ми бачимо чітко виражену тенденцію до зменшення значень їх концентрацій.

### 6.3.2 Вміст у воді біогенних елементів

До біогенних елементів у природних водах належать сполуки азоту, фосфору і силіцію. Азот і фосфор обов'язково входять до складу тканин будь-якого живого організму, без них не розвиваються водні рослини й тварини. Концентрації біогенних елементів цілком залежать від інтенсивності біохімічних і біологічних процесів у водоймах [34], [35].

*Мінеральні сполуки азоту.* В природних водах азот перебуває у вигляді неорганічних та різноманітних органічних сполук. Неорганічні сполуки представлені амонійними ( $\text{NH}_4^+$ ), нітритними ( $\text{NO}_2^-$ ) та нітратними ( $\text{NO}_3^-$ ) іонами [34], [35]. Існують різні джерела надходження азоту та процеси, які зменшують його вміст. Із джерел зв'язаного азоту насамперед слід відзначити надходження нітратів з дошовою водою, крім того, зв'язування азоту азотфіксуючими бактеріями. Є джерела надходження сполук азоту з промисловими і господарсько-побутовими стічними водами, а також зі стічними водами з сільгоспугідь. Ці сполуки є одним з показників погіршення санітарного стану водойм.

*Сполуки фосфору.* В природних водах розчинений фосфор міститься у вигляді неорганічних та органічних сполук (органічний фосфор), причому останні перебувають як у розчиненому, так і в колоїдному стані. Крім того,

фосфор буває у воді у вигляді суспензій неорганічного (апатити, фосфорити тощо) та органічного (з організмів) походження. Підвищені концентрації фосфору у водах свідчать про їх забруднення.

Однією із найважливіших хімічних характеристик водного середовища, яка визначає її якість, є наявність у воді органічних речовин. Фактично, у водному середовищі містяться всі органічні речовини, які входять до складу рослинних і тваринних організмів. Крім того, органічна речовина надходить у поверхневі води з поверхневим стоком, скидами промислових та комунально-побутових підприємств.

Одним з основних показників при оцінці вмісту органічної речовини є наявність або відсутність вільного кисню. Чим більша ступінь забруднення водного середовища органічними речовинами, тим більша кількість кисню витрачається на їх деструкцію і розкладання, тим менше залишається його у воді. Для кількісної оцінки вмісту органічної речовини у воді Болградського водозабору використані показники хімічного споживання кисню та 5-ти добового біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) [34], [35]. За досліджений період 2006-2018 рр. зафіксовані тенденції до погіршення якості води у річці за цими показниками.

*Р. Дунай - м. Рені.* Середньорічні зміни і разові концентрації біогенних елементів за період 2006-2018 рр. характеризувались по посту р. Дунай – м. Рені. Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді р. Дунай - м. Рені за період 2006-2018 рр, мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл.6.21, рис. 6.32. По даним, представленим у роботі, середньорічні концентрації сполук фосфора у воді р. Дунай змінювались у межах від 0,109 мг/дм<sup>3</sup> до 0,192 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації азоту амонійного коливались в межах від 0,064 мг/дм<sup>3</sup> у 2015 р. до 0,237 мг/дм<sup>3</sup> у 2006р. Його середній вміст за досліджений період становив 0,142 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації нітритів практично не змінювались за досліджуваний період і дорівнювали в середньому 0,022 мг/дм<sup>3</sup>. За період 2006-2018 рр. середні річні концентрації нітратних іонів коливались в межах 1,066-1,371 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні величини значень ХСК

за період 2006-2018 рр. коливались в межах 14,8-20,3 мг/дм<sup>3</sup>. Суттєвих коливань для величини БСК<sub>5</sub> також зафіксовано не було. Значення змінювались у межах 1,3-3,6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 6.21 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді р. Дунай – м. Рені за період 2006-2018 рр, мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК <sub>5</sub>	ХСК
2006	0,237	0,02	1,145	0,169	3,6	20,3
2007	0,189	0,021	1,181	0,192	3,0	19,3
2008	0,174	0,018	1,251	0,144	3,5	17,3
2009	0,165	0,023	1,333	0,174	3,4	14,8
2010	0,167	0,021	1,316	0,156	3,1	15,6
2011	0,170	0,024	1,349	0,131	2,7	17,7
2012	0,113	0,024	1,371	0,109	3,0	14,9
2013	0,096	0,02	1,354	0,130	3,5	14,8
2014	0,089	0,025	1,066	0,108	1,3	17,6
2015	0,064	0,018	1,155	0,133	1,6	16,5
2016	0,052	0,017	1,091	0,156	2,6	18,1
2017	0,043	0,019	0,931	0,164	3,0	19,9
2018	0,080	0,018	0,976	0,153	2,6	18,0

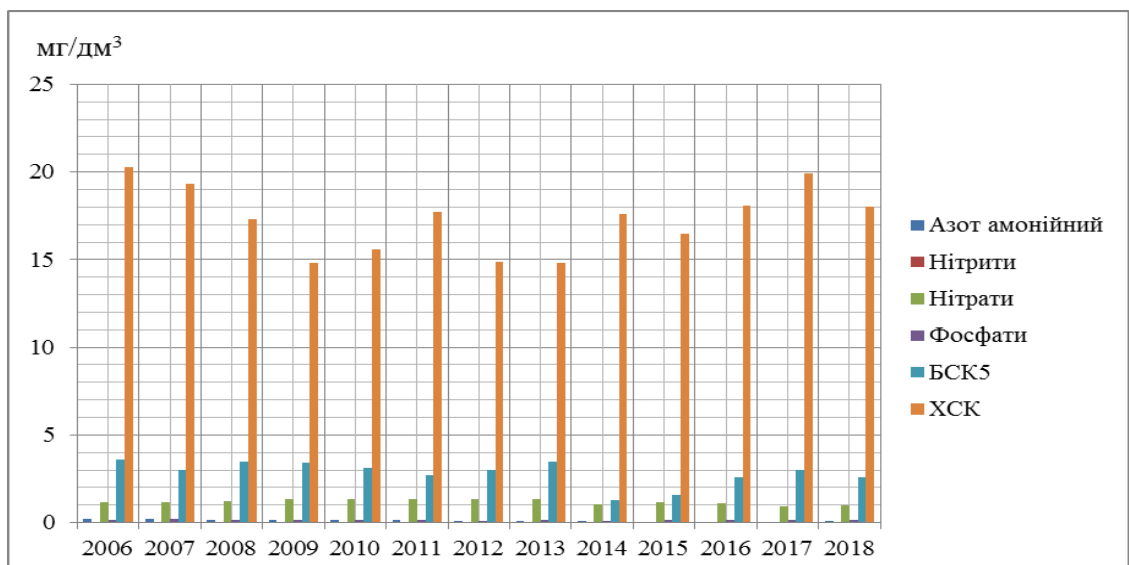


Рисунок 6.32 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді р. Дунай- м. Рені за період 2006-2018 рр.

Оз.Ялпуг Болградський водозабір. Середньорічні зміни і разові концентрації біогенних елементів за період 2006-2018 рр. характеризувались по Болградському питному водозабору. Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді Болградського питного водозабору за період 2006 - 2018рр, мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл. 6.22, рис. 6.33.

Таблиця 6.22 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді оз. Ялпуг (Болградський водозабір) за період 2006 - 2018рр, мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	ХСК
2006	0,163	0,005	0,097	0,06	3,1	49,0
2007	0,2	0,005	0,172	0,075	4,8	50,6
2008	0,153	0,006	0,11	0,055	4,4	52,4
2009	0,133	0,005	0,078	0,056	3,9	44,8
2010	0,119	0,004	0,095	0,062	4,1	48,1
2011	0,116	0,005	0,104	0,058	4,4	49,7
2012	0,164	0,009	0,190	0,042	6,1	51,1
2013	0,135	0,007	0,121	0,083	5,5	52,2
2014	0,123	0,007	0,174	0,045	3,5	54,9
2015	0,099	0,007	0,129	0,053	3,9	49,1
2016	0,098	0,008	0,129	0,034	4,9	60,9
2017	0,154	0,008	0,134	0,147	6,1	73,1
2018	0,152	0,007	0,129	0,061	4,6	75,8

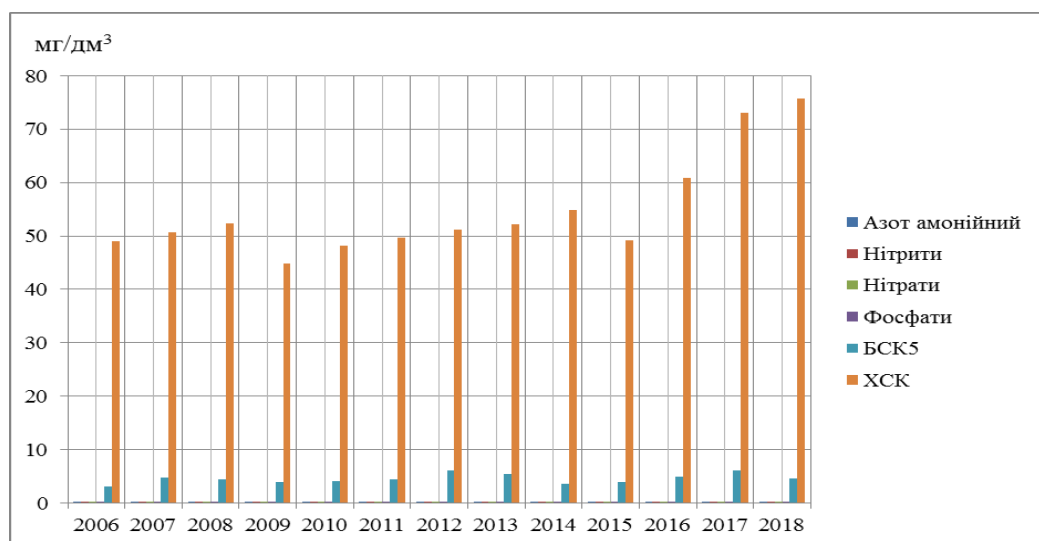


Рисунок 6.33 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді оз.Ялпуг (Болградський водозабір) за період 2006-2018рр.

Середньорічні концентрації азоту амонійного коливались в межах від 0,2 мг/дм<sup>3</sup> у 2007 р. до 0,164 мг/дм<sup>3</sup> у 2012 р. Його середній вміст за досліджений період становив 0,133 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації нітритів коливались в межах від 0,004 мг/дм<sup>3</sup> у 2010 р. до 0,008 мг/дм<sup>3</sup> у 2016, 2017 рр. Середній вміст нітритних іонів за досліджений період становив 0,006 мг/дм<sup>3</sup>. За період 2006-2018 рр. середні річні концентрації нітратних іонів коливались в межах 0,078-0,190 мг/дм<sup>3</sup>. Показник БСК<sub>5</sub> характеризується значно меншими коливаннями, але і для нього є характерною тенденція до збільшення. Суттєвих сезонних коливань для величини БСК<sub>5</sub> зафіксовано не було. Спостерігалась загальна тенденція до зростання значень середньорічних величин ХСК. Ця величина зросла від 44,8 мг/дм<sup>3</sup> у 2009 р. до 75,8 мг/дм<sup>3</sup> у 2018 р. При цьому середня величина даного показника становила 44,8 мг/дм<sup>3</sup>, а одинична максимальна 75,8 мг/дм<sup>3</sup>.

*Оз.Кугурлуй - с.Нова Некрасівка.* Середньорічні зміни і разові концентрації біогенних елементів за період 2006 – 2018 рр. характеризувались по посту оз. Кугурлуй – с.Нова Некрасівка.

Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді оз.Кугурлуй-с.Нова Некрасівка за період 2006 – 2018 рр, мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл.6.23, рис.6.34.Суттєвих сезонних коливань для величини БСК<sub>5</sub> зафіксовано не було. Значення змінювались у межах 3,3-6,4 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

По даним, представленим у роботі, середньорічні концентрації сполук фосфору у воді оз. Кугурлуй змінювались у межах від 0,027 мг/дм<sup>3</sup> до 0,056 мг/дм<sup>3</sup>. У відповідності з результатами, отриманими нами, середній вміст цих речовин за весь період спостережень склав 0,038 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічні концентрації азоту амонійного коливались в межах від 0,094 мг/дм<sup>3</sup> у 2015 р. до 0,266 мг/дм<sup>3</sup> у 2007р. Його середній вміст за досліджений період становив 0,131 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації нітритів коливались в межах від 0,044 мг/дм<sup>3</sup> у 2008, 2013 р. до 0,068 мг/дм<sup>3</sup> у 2012 р.

Значення середньорічних величин ХСК коливались від 38,6 мг/дм<sup>3</sup> у 2006р. до 65,9 мг/дм<sup>3</sup> у 2018 р. Середня величина даного показника становила 43,68 мг/дм<sup>3</sup>, а одинична максимальна 65,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 6.23 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді оз.Кугурлуй – с.Нова Некрасівка за період 2006-2018 рр, мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	ХСК
2006	0,220	0,023	0,749	0,034	4,0	38,6
2007	0,266	0,018	1,258	0,056	3,6	40,0
2008	0,242	0,014	0,370	0,069	5,2	43,5
2009	0,172	0,019	0,580	0,028	3,3	44,9
2010	0,164	0,019	0,493	0,054	4,1	39,1
2011	0,134	0,016	0,343	0,027	4,4	47,9
2012	0,221	0,068	0,885	0,036	6,4	43,3
2013	0,153	0,014	0,315	0,044	4,5	43,2
2014	0,134	0,027	0,542	0,031	2,9	52,5
2015	0,094	0,019	0,540	0,040	3,7	44,3
2016	0,134	0,018	0,314	0,045	3,6	48,4
2017	0,153	0,019	0,313	0,053	4,5	58,9
2018	0,188	0,021	0,312	0,063	4,7	65,9

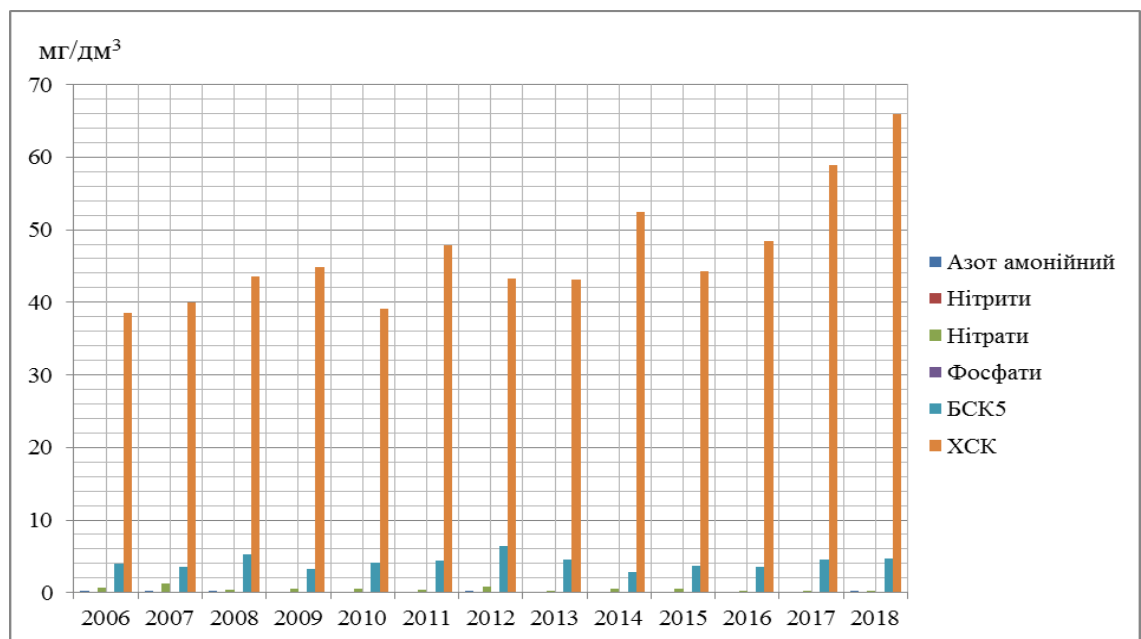


Рисунок 6.34 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді оз.Кугурлуй-с.Нова Некрасівка за період 2006-2018 рр.

*р.Ялпуг с.Табакі.* Середньорічні зміни і разові концентрації біогенних елементів за період 2006-2018 рр. характеризувались по посту р.Ялпуг. Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді р. Ялпуг, с.Табакі за період 2006-2018 рр, мг/дм<sup>3</sup> наведена в табл.6.24, рис. 6.35.

Таблиця 6.24 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді р. Ялпуг, с. Табакі за період 2006-2018 рр, мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	ХСК
2006	0,344	0,063	2,564	0,209	5,9	118,1
2007	0,166	0,038	5,515	0,102	7,3	91,9
2008	0,284	0,03	1,861	0,069	4,8	101,5
2009	0,193	0,024	2,55	0,125	7,5	86,7
2010	0,198	0,079	8,617	0,114	4,6	83,4
2011	0,253	0,027	3,732	0,067	9,3	111,2
2012	0,327	0,023	4,175	0,451	6,4	133,2
2013	0,192	0,023	1,033	0,283	4,3	86,3
2014	0,225	0,032	3,257	0,146	3,3	115,3
2015	0,232	0,031	3,42	0,55	5	169,8
2016	0,167	0,06	2,667	0,153	7,5	122,6
2017	0,233	0,045	2,698	0,264	4,4	157
2018	0,138	0,023	1,128	0,18	4,9	144,1

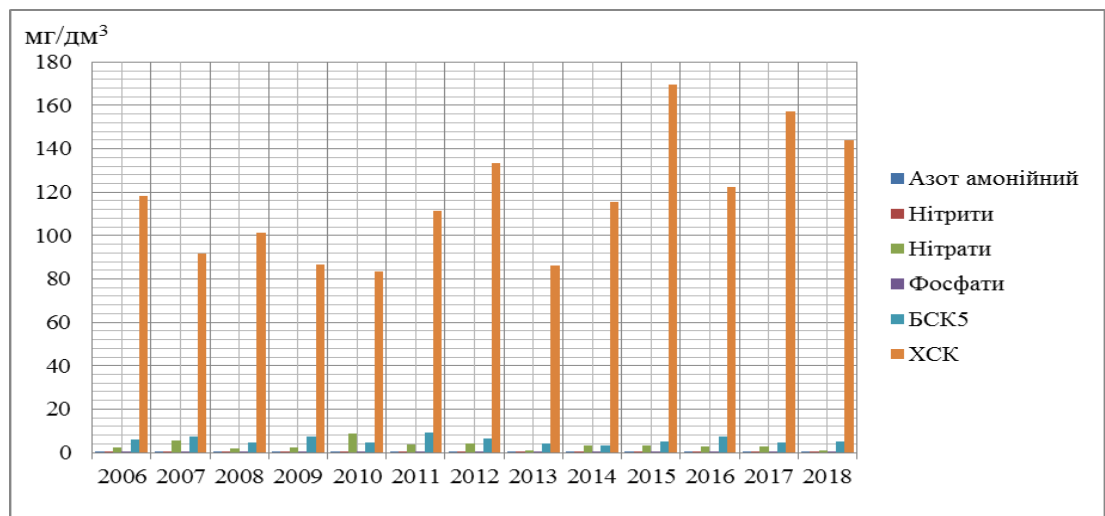


Рисунок 6.35 - Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді р.Ялпуг – с. Табакі за період 2006-2018 рр.

По даним, представленим у роботі, середньорічні концентрації сполук фосфора у воді р. Ялпуг змінювались у межах від 0,067 мг/дм<sup>3</sup> до 0,451 мг/дм<sup>3</sup>. У відповідності з результатами, отриманими нами, середній вміст цих речовин за весь період спостережень склав 0,208 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації азоту амонійного коливались в межах від 0,166 мг/дм<sup>3</sup> у 2013 р. до 0,327 мг/дм<sup>3</sup> у 2012 р. Його середній вміст за досліджений період становив 0,225 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації нітритів коливались в межах від 0,023 мг/дм<sup>3</sup> у 2012-2013 р. до 0,079 мг/дм<sup>3</sup> у 2010 р. Середній вміст нітритних іонів за досліджений період становив 0,032 мг/дм<sup>3</sup>. За період 2006-2018 рр. середні річні нітратних іонів коливались в межах 1,033-8,617 мг/дм<sup>3</sup>. Величина ХСК змінювалась від 83,4 мг/дм<sup>3</sup> у 2010 р. до 169,8 мг/дм<sup>3</sup> у 2015 р. При цьому максимальні концентрації спостерігались за період 2015 року. Величина БСК<sub>5</sub> збільшилась від 3,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в 2014р. до 9,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в 2011р. Середнє значення для БСК<sub>5</sub> становило 6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

### 6.3.3 Вміст у воді забруднюючих речовин

Фізіологічне значення важких металів, їх незаперечний вплив на екологічний стан водного середовища, полягає у тому, що вони входять до складу сполук зі специфічними біологічними функціями: ферментів, вітамінів, гормонів. Ці сполуки активно впливають на інтенсивність процесів обміну речовин у живих організмах. Саме через це вміст важких металів у воді нормується, адже збільшення їх концентрацій може викликати порушення різних біохімічних і біологічних процесів у живих організмах та призвести до їх захворювань, часто хронічних, а той до загибелі. У даній роботі наведений середній річний вміст у водах оз.Кугурлуй-Ялпуг за період 2006-2015 рр. таких представників зазначених речовин як залізо, мідь, марганець, хром VI [34], [35].



*Залізо.* Вміст заліза у поверхневих водах становить частки міліграма в 1дм<sup>3</sup>. Підвищений вміст заліза погіршує якість води і можливість її використання для питних і технічних потреб. До головних чинників, які визначають обсяги та інтенсивність надходження заліза в поверхневі води, слід віднести, насамперед, процеси хімічного вивітрювання гірських порід (механічне руйнування та наступне розчинення). Значна кількість розчинених сполук заліза надходить у води річок з підземним стоком, зі стічними водами різних галузей промисловості і сільського господарства.

*Мідь* є порівняно малопоширеним елементом. Основними джерелами надходження міді в поверхневі води вважаються гірські породи, стічні води підприємств хімічних та металургійних виробництв, шахтні води, різні реагенти, що містять мідь, а також стічні води з сільськогосподарських угідь. Характерна особливість поведінки міді в природних водах – сильно виражена здатність сорбуватись високодисперсними завислими частинками ґрунтів і порід [34], [35].

*Марганець* у вільному вигляді в природі не зустрічається. Входить до складу великої кількості мінералів, переважно оксидів. Основним джерелом надходження марганцю у поверхневі води є залізо марганцеві руди та деякі мінерали, стічні води марганцевих збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, шахтні води. Значна кількість марганцю потрапляє при відмиранні і розкладанні гідробіонтів. У природних водах його вміст коливається від одиниць до десятків і навіть сотень мікрограмів в 1 дм<sup>3</sup> [34], [35].

*Хром* відноситься до елементів, необхідних в мікроконцентраціях для цілої низки живих організмів. Разом з тим, у великих концентраціях він є небезпечним. Щодо якості води, підвищений вміст даного металу викликає її погіршення (втрачається колір, смак, змінюється іонний склад).

*р. Дунай м. Рені.* Протягом періоду 2006-2018 рр. у воді р. Дунай наявність інших важких металів практично не спостерігалась. Вміст важких металів у воді р. Дунай за період 2006-2018 рр. мг/дм<sup>3</sup> наведено в табл. 6.25,

рис 6.36. Найменші концентрації заліза, за період виконаних досліджень були зафіксовані у 2008 р. і становили 0,036 мг/дм<sup>3</sup>, найбільші – у 2007р. – 0,212мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації марганцю у воді р. Дунай становили від 0,026мг/дм<sup>3</sup> до 0,100 мг/дм<sup>3</sup>. Найбільші концентрації хрому VI, за період досліджень були зафіксовані у 2015 р. і становили 0,0023 мг/дм<sup>3</sup>. Найбільші концентрації міді, за період досліджень були зафіксовані у 2010 р. і становили 0,0025 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 6.25 - Вміст важких металів у воді р.Дунай – м. Рені за період 2006-2018 рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Залізо	Марганець	Мідь	Хром VI
2006	0,063	0,069	0,003	0,001
2007	0,212	0,043	0,002	0,002
2008	0,036	0,033	0,001	0,002
2009	0,051	0,026	0,003	0,001
2010	0,124	0,053	0,0025	0,001
2011	0,050	0,026	0,001	0,001
2012	0,058	0,075	0,0006	0,002
2013	0,043	0,091	0,001	0,002
2014	0,063	0,100	0,001	0,0016
2015	0,045	0,027	0,001	0,0023
2016	0,043	0,0442	0,0017	0,0019
2017	0,058	0,025	0,001	0,002
2018	0,084	0,033	0,003	0,0018

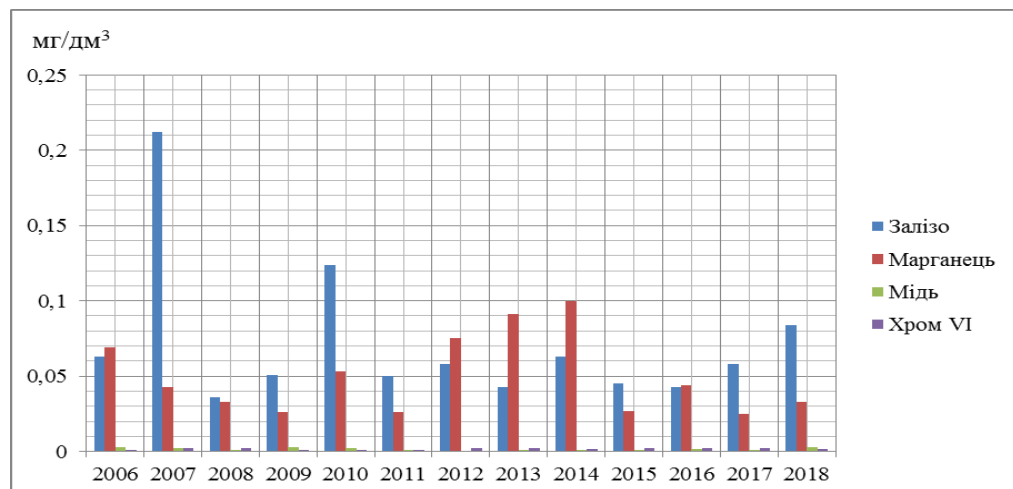


Рисунок 6.36 - Вміст важких металів у воді р.Дунай – м. Рені за період 2006-2018 рр., мг/дм<sup>3</sup>

*Оз.Ялпуг Болградський водозабір.* Вміст важких металів у воді озера Ялпуг –Болградський водозабір за період 2006-2018 рр. мг/дм<sup>3</sup> наведено в табл.6.26, рис 6.37.Найменші концентрації заліза, за період виконаних досліджень були зафіксовані у 2009 р. і становили 0,040 мг/дм<sup>3</sup> , найбільші – у 2017р. – 0,089 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст міді у Болградському водозабір на протязі досліджуваного періоду 2006-2018 рр. практично не змінювався і становив 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. Найбільші концентрації Хрому VI, за період досліджень були зафіксовані у 2015 р. і становили 0,0024 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації марганцю у озері Ялпуг – Болградський водозабір становили від 0,003 мг/дм<sup>3</sup> в 2006 р. до 0,002 мг/дм<sup>3</sup> у 2010 р.

Таблиця 6.26 – Вміст важких металів у воді оз. Ялпуг -Болградський водозабір за період 2006-2018 рр. мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Залізо	Марганець	Мідь	Хром VI
2006	0,042	0,05	0,003	0,001
2007	0,086	0,065	0,001	0,002
2008	0,062	0,039	0,001	0,002
2009	0,040	0,032	0,001	0,0010
2010	0,047	0,234	0,002	0,0014
2011	0,064	0,055	0,001	0,0016
2012	0,058	0,052	0,001	0,0021
2013	0,077	0,102	0,001	0,0018
2014	0,055	0,088	0,001	0,0017
2015	0,058	0,03	0,001	0,0024
2016	0,048	0,027	0,001	0,0016
2017	0,089	0,049	0,001	0,002
2018	0,065	0,046	0,002	0,0021

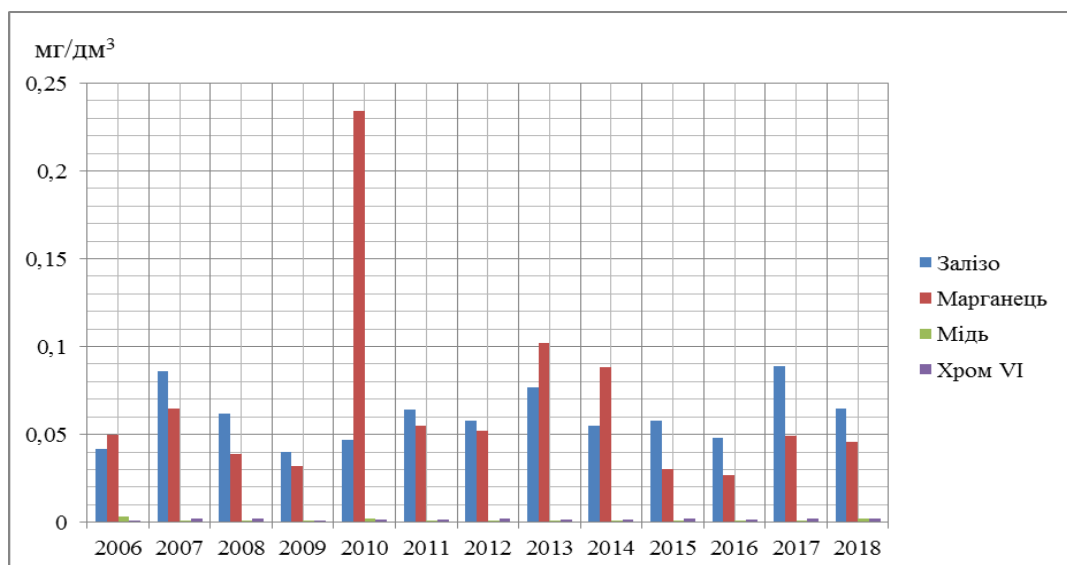


Рисунок 6.37 – Вміст важких металів у воді оз. Ялпуг -Болградський водозабір за період 2006-2018 рр.

*Оз.Кугурлуй с.Нова Некрасовка.* Вміст важких металів у воді с. Нова-Некрасівка за період 2006-2018 рр. мг/дм<sup>3</sup> наведено в табл.6.27., рис 6.38.

Таблиця 6.27 – Вміст важких металів у воді с.Нова-Некрасівка за період 2006-2018 рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Залізо	Марганець	Мідь	Хром VI
2006	0,042	0,084	0,007	0,001
2007	0,081	0,042	0,001	0,001
2008	0,032	0,044	0,001	0,001
2009	0,024	0,033	0,001	0,001
2010	0,038	0,023	0,001	0,001
2011	0,064	0,100	0,000	0,001
2012	0,028	0,100	0,002	0,002
2013	0,048	0,080	0,000	0,002
2014	0,034	0,070	0,000	0,002
2015	0,044	0,016	0,000	0,002
2016	0,049	0,019	0,002	0,0020
2017	0,056	0,026	0,002	0,0021
2018	0,058	0,028	0,002	0,0023

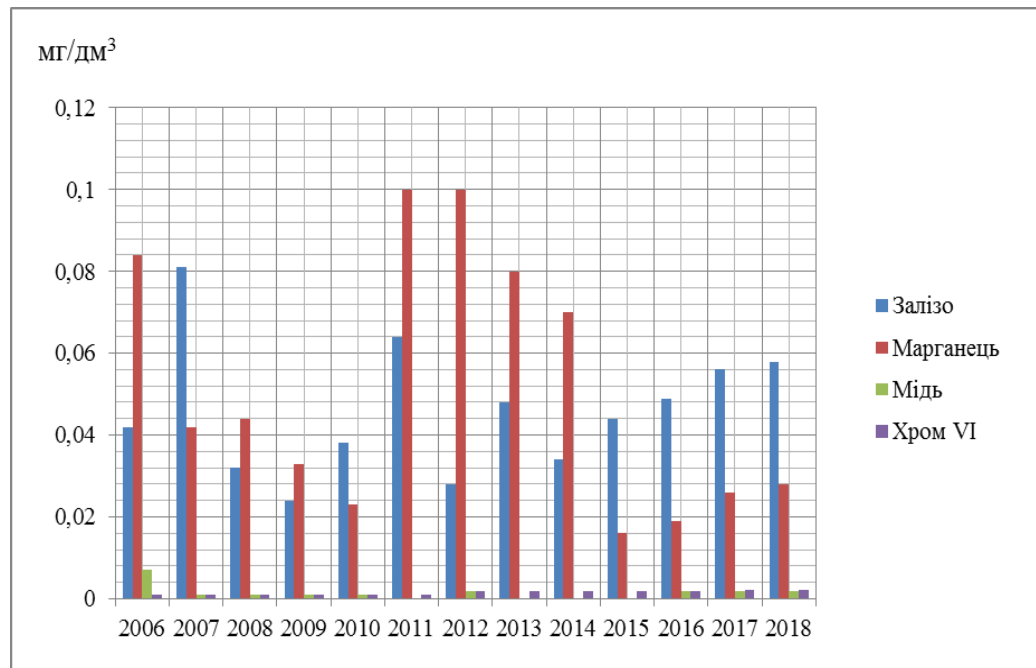


Рисунок 6.38 – Вміст важких металів у воді озера Кугурлуй, с.Нова-Некрасівка за період 2006-2018 рр.

Найменші концентрації Fe, за період виконаних досліджень були зафіксовані у 2009 р. і становили 0,024 мг/дм<sup>3</sup>, найбільші – у 2011р. – 0,064 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічні концентрації марганцю у воді оз.Кугурлуй, с.Нова Некрасівка становили від 0,016 мг/дм<sup>3</sup> у 2015р. до 0,084 мг/дм<sup>3</sup> у 2006р. Наявність інших важких металів за досліджуваний період у воді оз.Кугурлуй, с. Нова-Некрасівка не спостерігалась.

*р.Ялпуг с.Табаки.* Вміст важких металів у воді р.Ялпуг с.Табаки за період 2006-2018 рр. мг/дм<sup>3</sup> наведено в таб.6.28., рис.6.39. Вміст заліза у воді річки Ялпуг за період 2006-2018 рр. коливався в межах від 0,057 мг/дм<sup>3</sup> до 0,181 мг/дм<sup>3</sup>. Середнє значення за досліджуваний період середніх річних концентрацій заліза становило 0,149 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічна концентрація марганцю у воді річки Ялпуг за досліджуваний період становила від 0,048 мг/дм<sup>3</sup> до 0,220 мг/дм<sup>3</sup>. Середнє значення за період 2006-2018 рр. середніх річних концентрацій марганцю становило 0,138 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст інших важких металів, за концентраціями

яких вели спостереження за досліджуваний період, практично не зафіксовано.

Таблиця 6.28 – Вміст важких металів у воді р.Ялпуг с.Табаки за період 2006-2018 рр. мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Залізо	Марганець	Мідь	Хром VI
2006	0,092	0,108	0,003	0,001
2007	0,098	0,079	0,002	0,002
2008	0,061	0,100	0,001	0,002
2009	0,122	0,077	0,002	0,0010
2010	0,073	0,048	0,005	0,0012
2011	0,149	0,118	0,002	0,0020
2012	0,181	0,138	0,001	0,0018
2013	0,057	0,150	0,000	0,0016
2014	0,106	0,100	0,001	0,0019
2015	0,130	0,220	0,001	0,0018
2016	0,194	0,280	0	0,0026
2017	0,093	0,19	0,001	0,002
2018	0,102	0,04	0,002	0,0019

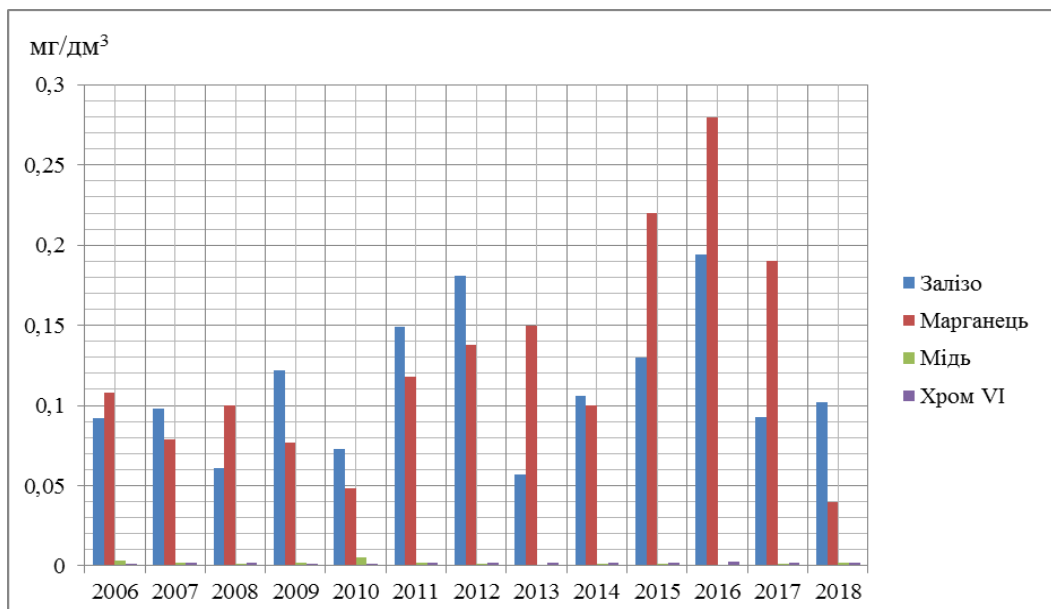


Рисунок 6.39 – Вміст важких металів у воді р.Ялпуг, с.Табаки за період 2006-2018 рр.

*р.Карасулак с.Криничне.* Вміст важких металів у воді р.Карасулак, с.Криничне за період 2006-2018 рр. мг/дм<sup>3</sup> наведено в табл.6.29, рис. 6.40.

Таблиця 6.29 – Вміст важких металів у воді р.Карасулак, с.Криничне за період 2006-2018 рр., мг/дм<sup>3</sup>

Рік	Залізо	Марганець	Мідь	Хром VI
2006	0,137	0,24	0	0,002
2007	0,191	0,693	0,002	0,002
2008	0,035	0,54	0,002	0,003
2009	0,169	0,910	0,002	0,001
2010	0,050	0,057	0,006	0,0012
2011	0,071	0,520	0,003	0,0015
2012	0,075	0,230	0,002	0,0021
2013	0,065	0,340	0,001	0,0018
2014	0,084	0,203	0,001	0,0019
2015	0,078	0,255	0,001	0,0029
2016	0,152	1,195	0,001	0,0024
2017	0,109	0,71	0	0,001
2018	0,089	0,077	0,001	0,003

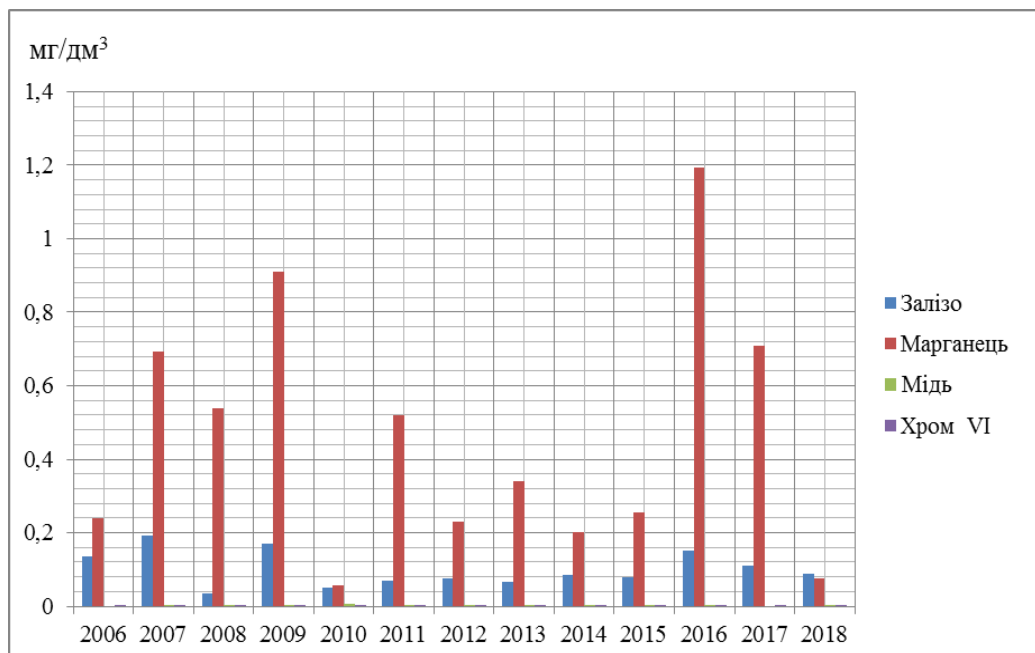


Рисунок 6.40 – Вміст важких металів у воді р.Карасулак с.Криничне за період 2006-2018 рр.

Вміст заліза у воді річки Карасулак за період 2006-2018 рр. коливався в межах від 0,05 мг/дм<sup>3</sup> в 2010 р. до 0,191 мг/дм<sup>3</sup> в 2007 р. Середнє значення за досліджуваний період середніх річних концентрацій заліза становило 0,086мг/дм<sup>3</sup>.

Середньорічні концентрації марганцю у воді річки Карасулак за досліджуваний період становили від 0,057 мг/дм<sup>3</sup> до 0,693 мг/дм<sup>3</sup>.

*Нафта і продукти її промислової переробки* (автомобільне та дизельне паливо, газ, мастила, мазут тощо) відносяться до найбільш поширених і небезпечних речовин, які забруднюють поверхневі води [34], [35]. Ці речовини являють собою дуже складну і непостійну суміш органічних сполук, до якої входять низько- і високомолекулярні насичені і ненасичені аліфатичні, нафтеніві, ароматичні вуглеводні, кисневі, азотисті, сірчаністі органічні сполуки, ненасичені гетероциклічні речовини типу смол, асфальтенів, ангідридів, асфальтенових кислот. Незважаючи на те, що загалом нафтопродукти характеризуються незначною розчинністю у воді, окремі їх складові, особливо ароматичні сполуки, мають достатньо високу розчинність - до 100 мг/дм<sup>3</sup>. Встановлені для нафтопродуктів ГДК на порядки менші їх розчинності і складають 0,3 – 0,05 мг/дм<sup>3</sup> в залежності від їх виду. Потрапляння їх у поверхневі води навіть у невеликих кількостях здатне призвести до забруднення великих об'ємів води та зробити її непридатною до питного водопостачання.

Для детальної оцінки стану забруднення води оз.Ялпуг-Кугурлуй НП було виділено 5 пунктів спостережень: р.Дунай м.Рені, оз.Ялпуг Болградський водозабір, оз.Кугурлуй с.Нова Некрасовка, р.Ялпуг с.Табаки, р.Карасулак с.Криничне. Аналізуючи дані щодо наявності і вмісту НП у водах досліджуваних об'єктів, слід відзначити, що в їх концентраціях не спостерігаються сезонні коливання. Стосовно розподілу забруднення поверхневих вод СПАР у часі можна відзначити, що найбільші концентрації цих речовин спостерігаються під час весняного водопілля та літньо-осінніх паводків, що напевно пов'язано із змивом забруднюючих речовин з



прилеглих територій та з певними особливостями їх застосування і деякою мірою з температурним режимом.

Протягом всього періоду досліджень вміст СПАР у воді не перевищував фонові концентрації.

6.4 Створення регіональної бази багаторічної вихідної гідрометеорологічної інформації для гідрохімічних показників якості води малих річок, що належать до басейну озера Катлабух

6.4.1 Характеристика малих річок, що належать до басейну озера Катлабух

В оз.Катлабух впадає чотири малі річки: р.Ташбунар, р.Великий Катлабух, р.Малий Катлабух та р.Єніка (рис.6.41). Влітку всі вони часто пересихають, а взимку – перемерзають. Ці річки дуже забруднені і негативно впливають на якість води оз.Катлабух. Основні характеристики по річках наведені нижче.

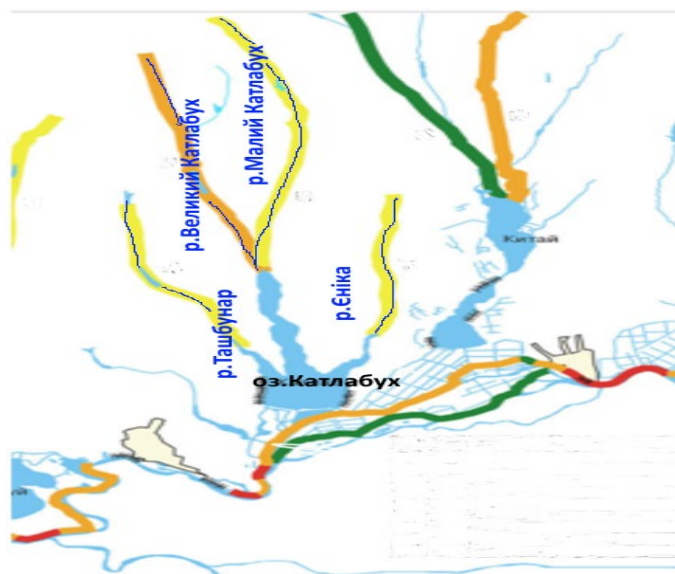


Рисунок 6.41 – Карта-схема розташування малих річок басейну оз.Катлабух

*Великий Катлабух* – річка, що протікає в межах Болградського та Ізмаїльського районів Одеської області. Довжина 48 км, площа водозбору 534 км<sup>2</sup>, похил річки 2,6 м/км. Річище помірно звивисте. Біля села Баннівки споруджено великий став. Використовується на зрошення [39].

Великий Катлабух бере початок на північний схід від села Нові Трояни. Тече територією Причорноморської низовини переважно на південь і (частково) південний схід. Впадає до оз.Катлабух біля північно-західної околиці смт.Суворове. Живлення Великого Катлабуху снігове і дощове. Влітку пересихає. Льодостав триває від кінця грудня до початку березня. Одна притока довжиною більше 10 км - р. Малий Катлабух (ліва,  $L=45$  км). Стік зарегульований ставками. Воду використовують для зрошування». Норма стоку на рік складає – 3,78 млн. м<sup>3</sup> [40].

Річка Катлабух розташована на території Арцизьського, Болградського, Ізмаїльського районів. Загальна характеристика та лінійна схема р.Великий Катлабух Ізмаїльського району представлена на рис.6.42 [41], [42].

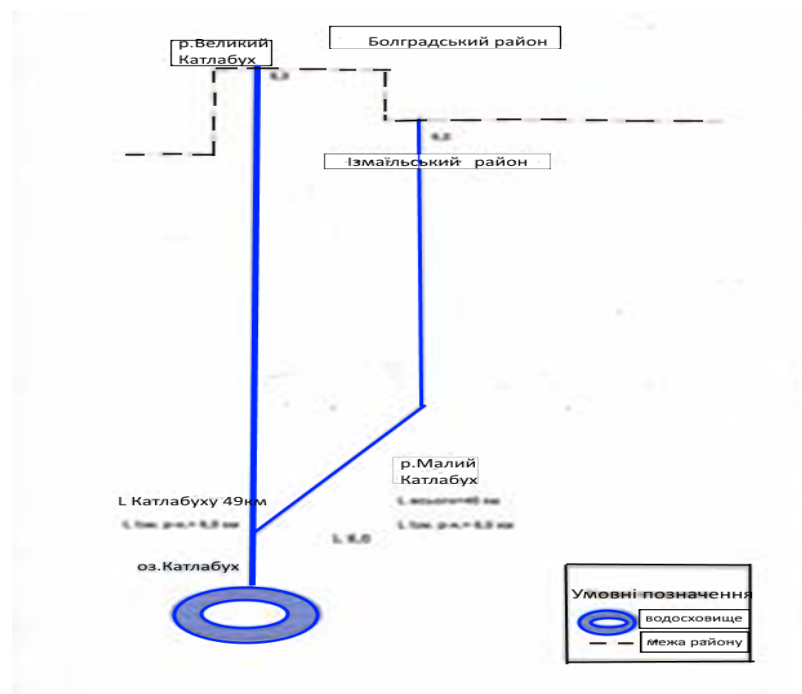


Рисунок 6.42 - Лінійна схема р. В.Катлабух (в межах Ізмаїльського району) [41]

По території Ізмаїльського району (Суворівська с/р) річка протікає на протязі 6,5 км та 6,0 км. Згідно даних 6-Зем, площа водного об'єкту на території району складає 9,4 га. Основними гідротехнічними спорудами на території Ізмаїльського району:

- міст залізничний 1 шт.
- міст автошляховий 1 шт.

*Річка Єніка* належить до басейну р. Дунай та впадає в оз. Катлабух. Довжина річки 40 км; площа водозбору 243 км<sup>2</sup>; похил річки 1,3 м/км. Долина коритоподібна, завширшки до 2,2 км. Річище слабозвивисте, завширшки пересічно 2 м, частково зарегульоване. Влітку часто пересихає. Споруджено кілька ставків. Використовується на водопостачання та потреби сільського господарства.

Єника бере початок на північ від села Кирнички. Тече переважно на південь. Впадає до Гасанської затоки озера Катлабух біля східної околиці села Першотравневого [43]. Норма стоку на рік складає – 1,99 млн. м<sup>3</sup> [40].

Відповідно до [44], річка Єніка протікає по території Арцизького, Болградського, Килійського та Ізмаїльського районів.

- протяжність річки по Ізмаїльському району - 32,3 км.

Згідно даних 6-зем площа водного об'єкту складає всього 17,4 га у т.ч.:

- Комишівська с/р 13 га
- Кирничанська с/р 1,2 га
- Новопокровська 2,7 га
- Першотравнева 0,5 га

На річці (Ізмаїльського району) розташовані основні гідроспоруди:

- насосні станції 2 шт.
- міст автошляховий 8 шт.
- підпірні споруди 6 шт.
- міст пішохідний 3 шт.
- міст залізничний 1 шт.

Загальна характеристика та лінійна схема р. Єніка Ізмаїльського району представлена на рис.6.43 [44].

Довжина річки Ташбунар - 43 км, площа водозбірного басейну 281 км<sup>2</sup>. Похил річки 2,2 м/км. Долина трапецієподібна, з пологими схилами; завширшки 1,5 км, завглибшки 30-40м. Заплава завширшки 300—400 м.

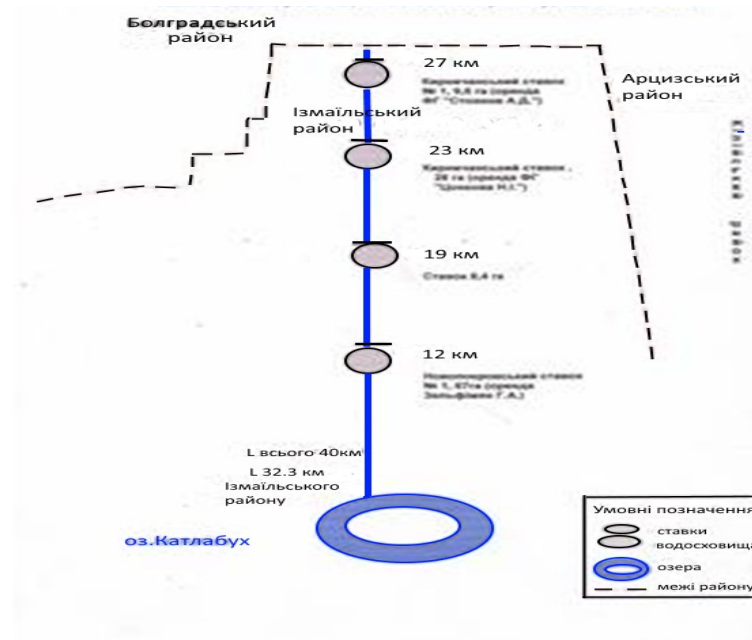


Рисунок 6.43 - Лінійна схема р. Єніка (в межах Ізмаїльського району) [43]

Річище звивисте, на відрізьку 20 км розчищене і випрямлене. Влітку пересихає, є ставки, водосховища. Використовується на зрошення. Ташбунар бере початок на північ від села Калчева. Тече переважно на південний схід (частково на південь). Впадає до озера Катлабух (до Ташбунарської затоки) на захід від села Утконосівки [45]. Норма стоку м/річки Ташбунар на рік складає 2,3 млн. м<sup>3</sup> [40]. Загальна характеристика та лінійна схема р. Ташбунар Ізмаїльського району представлена на рис.6.44 [46].

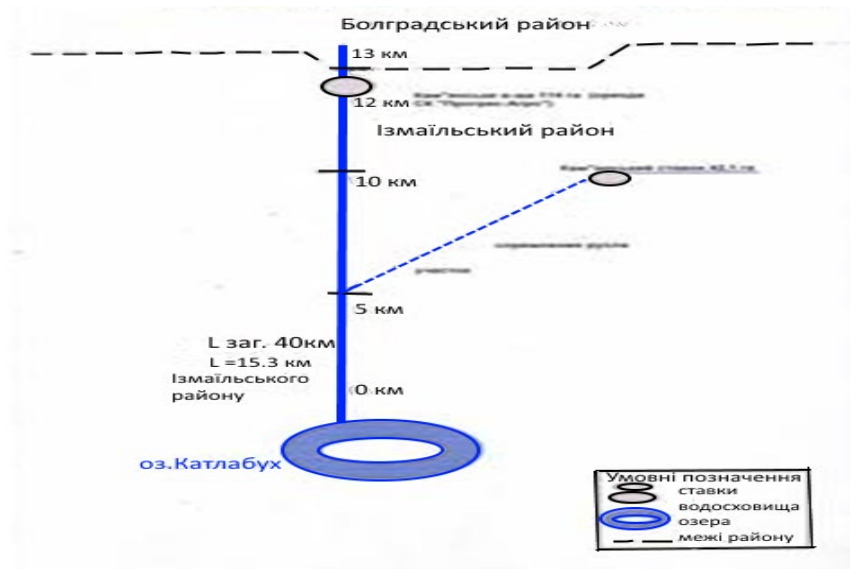


Рисунок 6.44 - Лінійна схема р. Ташбунар (в межах Ізмаїльського району) [46]

#### 6.4.2 Часові зміни якості води р. Великий Катлабух

##### 6.4.2.1 Характеристика змін завислих речовини, БСК<sub>5</sub>, розчиненого кисню

Оцінка якості води р. Великий Катлабух проводилась шляхом обчислення екологічної оцінки якості води за Методикою [47] та графічним методом. Для характеристики якості води були використані дані спостережень за загальною мінералізацією, хлоридами, сульфатами, кальцієм, магнієм, натрієм, азотом амонійним, азотом нітритним, азотом нітратним за період 2000-2015 рр. За речовинами токсичної дії (феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), марганець, шестивалентний хром, нафтопродукти (НП)) спостереження були за 2004-2015 рр.

На рис.6.45 представлений графік зміни концентрації завислих речовин за 2005-2015 рр. Середнє значення за цей період складає 49,2 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст завислих речовин змінювався від 21,0 мг/дм<sup>3</sup> (2012 р.) до 72,5 мг/дм<sup>3</sup> (2005р.).

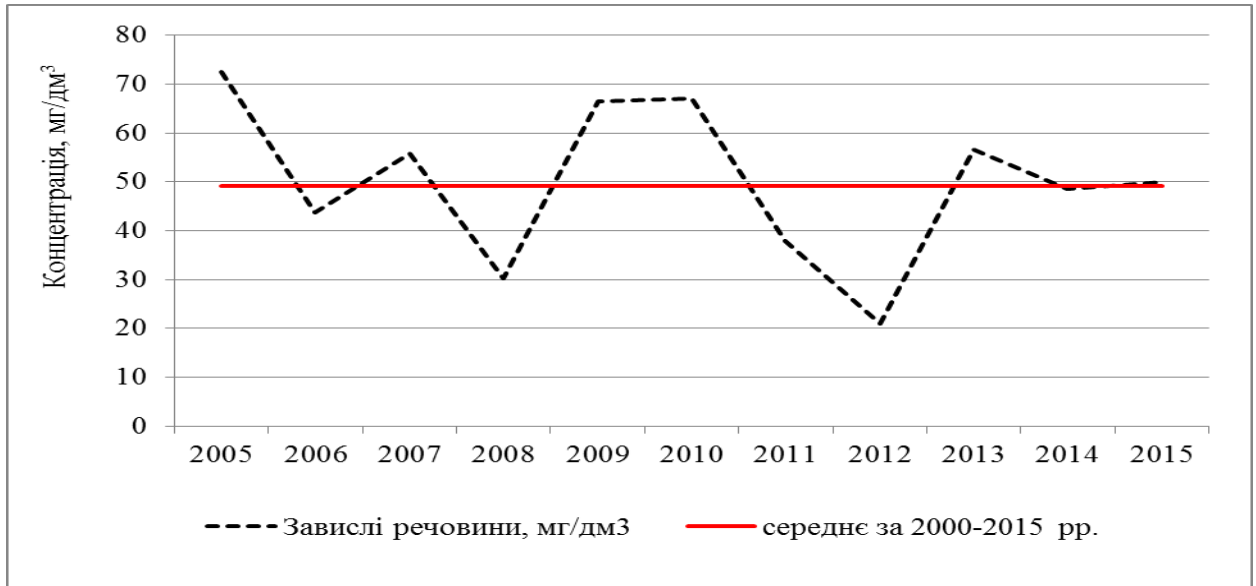


Рисунок 6.45 - Зміна у часі концентрацій завислих речовин в воді р.Великий Катлабух

Вміст у воді органічних речовин характеризується БСК<sub>5</sub> (біохімічне споживання кисню за 5 діб). Динаміка цього параметру у часі представлена на рис.6.46. Гранично допустима концентрація для рибогосподарського використання дорівнює 3,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Перевищення нормативу спостерігалось практично на протязі всього періоду 2004-2015 рр. Нижче ГДКрг. значення були тільки в 2003, 2012 та 2014 рр. (2,0, 2,9 1,9 мг/дм<sup>3</sup> відповідно). Максимальне концентрація БСК<sub>5</sub> спостерігалась в 2002 році – 8,49 мг/дм<sup>3</sup>. Середній показник за досліджуваний період був 3,84 мг/дм<sup>3</sup>, що вище за норматив.

На рис.6.47 наведена зміна у часі розчиненого кисню. Гранично допустима концентрація для об'єктів рибогосподарського призначення складає 6,0 мг/дм<sup>3</sup>. З графіку видно, що концентрація O<sub>2</sub> вище за норматив була тільки в 2014 році.

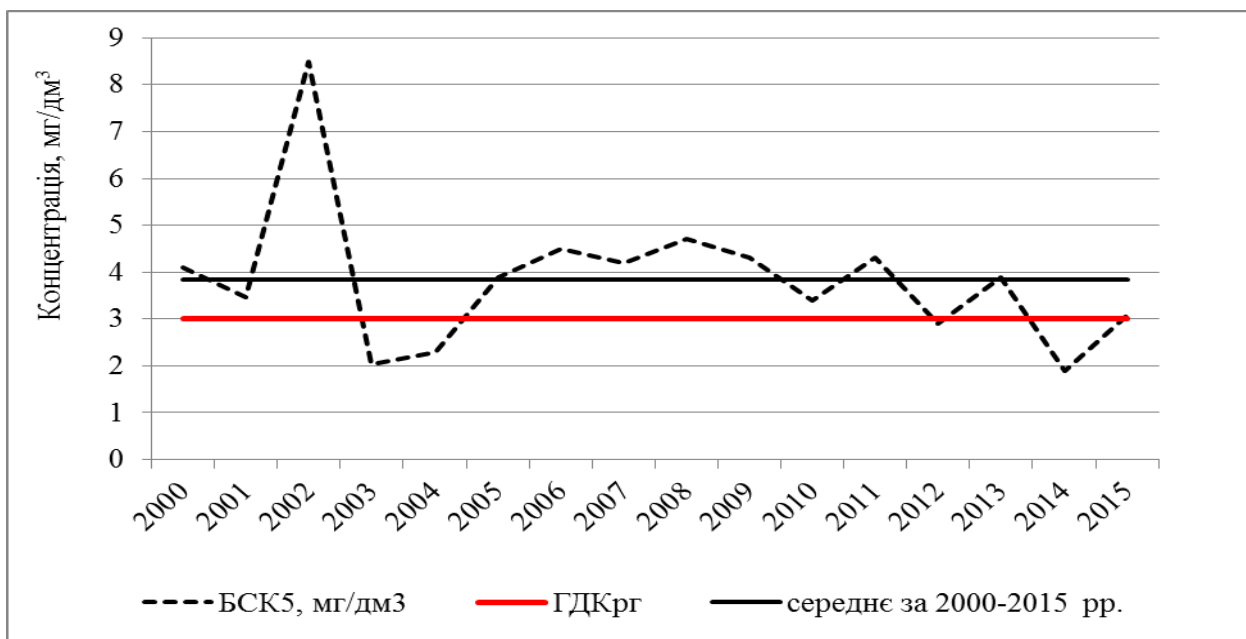


Рисунок 6.46 - Зміна у часі концентрацій БСК<sub>5</sub> в воді р.Великий Катлабук

Середньобогаторічний показник дорівнює 7,9 мг/дм<sup>3</sup>, що менше за ГДКрг. Значення розчиненого кисню на протязі періоду спостереження змінювались у межах 4,2 – 11,3 мг/дм<sup>3</sup> (2014 та 2013рр. відповідно).

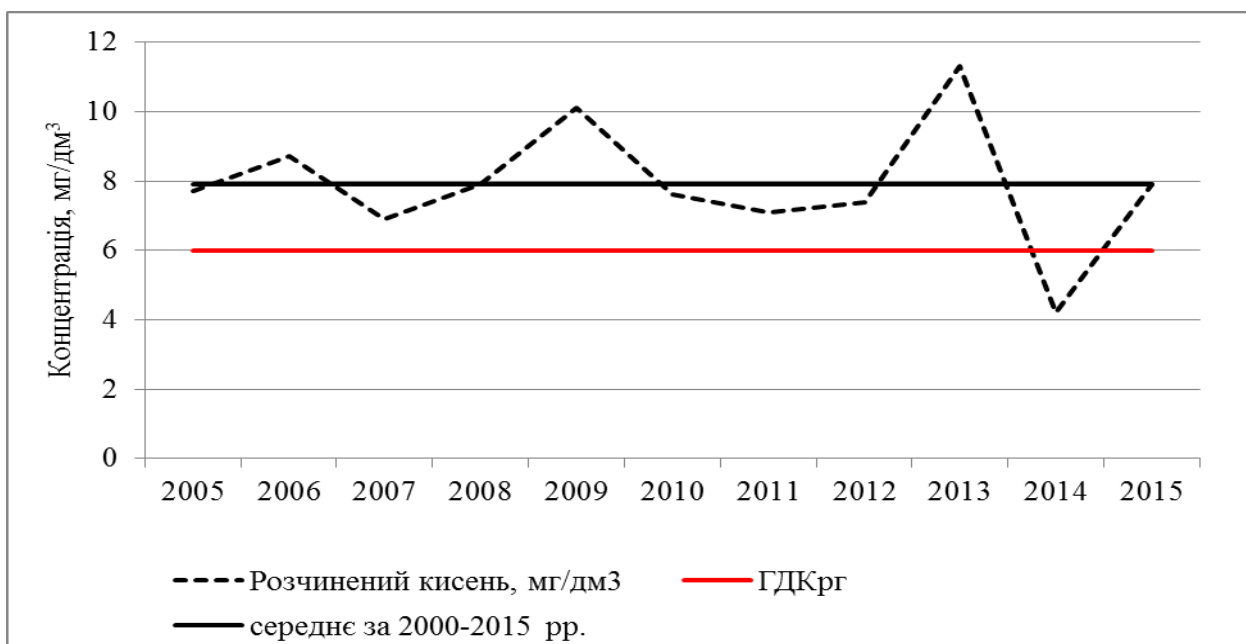


Рисунок 6.47 - Зміна у часі концентрацій розчиненого кисню в воді р.Великий Катлабук

#### 6.4.2.2 Аналіз змін мінералізації та головних іонів р.Великий Катлабух

До складу мінералізації (приблизно на 90%) входять аніони та катіони (хлориди, сульфати, гідрокарбонати, кальцій, магній, натрій, калій), а також ще деякі домішки. За характеристикою мінералізації вода р.Великий Катлабух за період 2000-2015 рр. належить до солонуватих  $\beta$ -мезогалинних, сульфатно-натрієвих, II типу (табл.6.30)

Таблиця 6.30 – Характеристика якості води р.Великий Катлабух за критерієм мінералізації

Характеристика мінералізації	солонуваті $\beta$ -мезогалинні
Клас	сульфатні
Група	натрієві
Тип	II

Графік зміни мінералізації у часі представлений на рис. 6.48. Середнє багаторічне складає  $4933 \text{ мг/дм}^3$ . Найбільше значення спостерігалось у 2009 році ( $8245,7 \text{ мг/дм}^3$ ), а найменше – 2012 р. ( $2959,5 \text{ мг/дм}^3$ ). За лінією тренду можна бачити збільшення концентрації у часі.

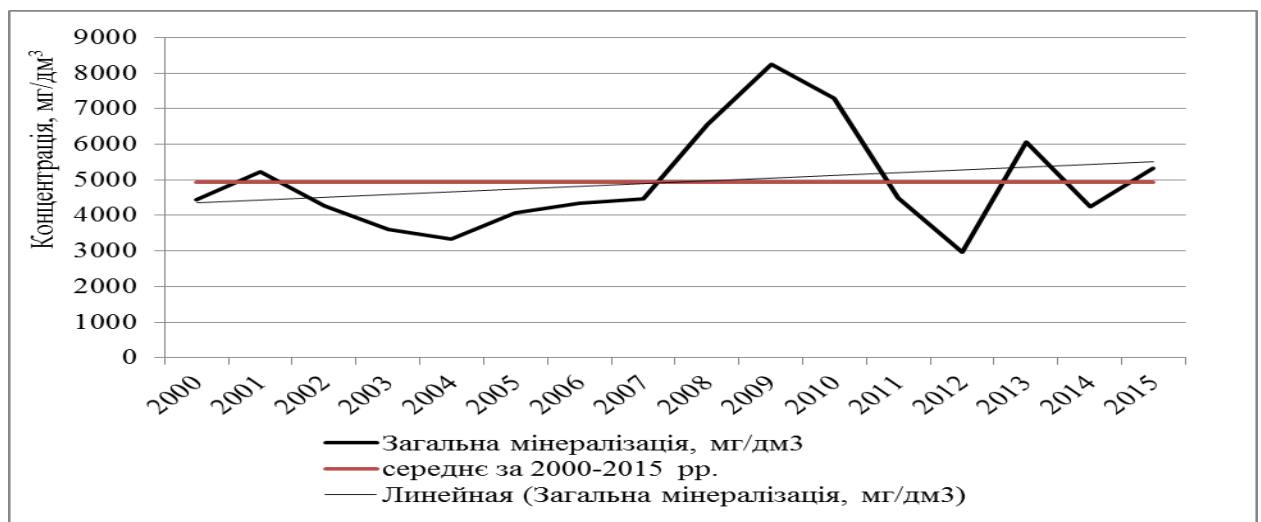


Рисунок 6.48 - Зміна у часі концентрацій загальної мінералізації в воді р.Великий Катлабух



Зміна у часі концентрацій хлоридів в воді р.Великий Катлабух представлена на рис.6.49. Концентрація хлоридів змінювалась від 435,8 (2004р.) до 1108,3 мг/дм<sup>3</sup> (2010 р.). Середнє значення за 2000-2015 рр. складає 728,4мг/дм<sup>3</sup>, а ГДКрг. – 300 мг/дм<sup>3</sup>, тобто на протязі всього досліджуваного періоду спостерігалось перевищення нормативу. Максимальна концентрація була визначена в 2001 (3,42 ГДКрг.), 2008 (3,6 ГДКрг.) та 2010 рр. (3,69 ГДКрг.).

На рис.6.50 наведена динаміка концентрацій сульфатів в воді р.Великий Катлабух. При ГДК=100 мг/дм<sup>3</sup> для водойм рибогосподарського призначення, перевищення нормативу спостерігалось на протязі всього досліджуваного періоду і змінювалось в межах: 1241,2 мг/дм<sup>3</sup> (2012 р.) - 4405,3 мг/дм<sup>3</sup> (2009р.). Середнє значення за багаторічний період складає 2349,1 мг/дм<sup>3</sup>, що дорівнює 23,5 ГДКрг.

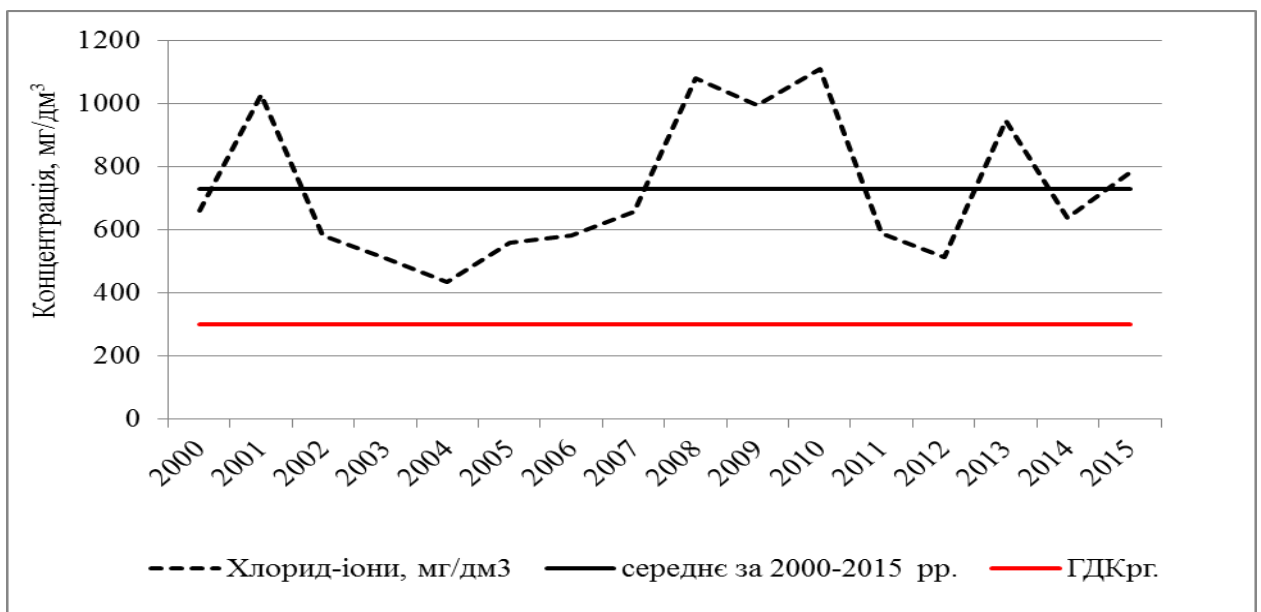


Рисунок 6.49 - Зміна у часі концентрацій хлоридів в воді р.Великий Катлабух

З рис.6.51, де представлені зміни у часі концентрації катіонів у долях над ГДКрг., видно, що вони мають синхронний характер.

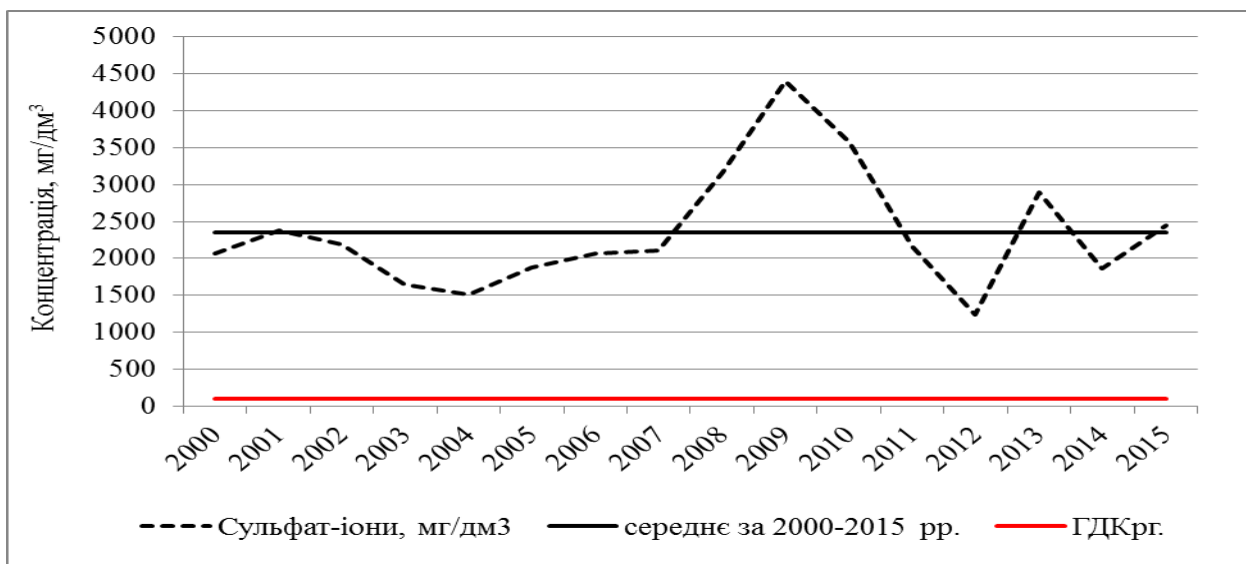


Рисунок 6.50 - Зміна у часі концентрацій сульфатів в воді р.Великий Катлабух

Показники кальцію в воді р.Великий Катлабух змінювались в межах 146,4 (2012 р.) – 474,3 мг/дм<sup>3</sup> (2009 р.) при ГДКрг.= 180 мг/дм<sup>3</sup>. Середнє за період дослідження дорівнює 251,2 мг/дм<sup>3</sup>.

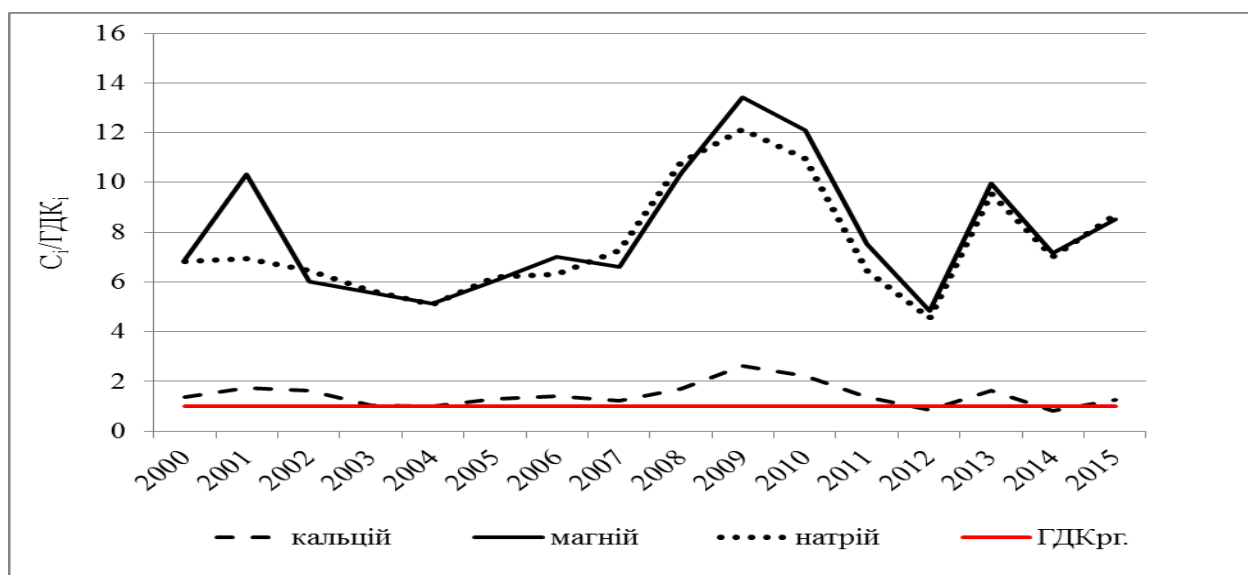


Рисунок 6.51 - Зміна у часі концентрації катіонів (кальцій, магній, натрій) в воді р.Великий Катлабух

Концентрація магнію коливалась від 192,6 (2012 р.) до 536,5 мг/дм<sup>3</sup> (2009р.), що у 13,4 рази вище за норматив. Середньобагаторічне становить 318,7 мг/дм<sup>3</sup> (ГДКрг.= 40 мг/дм<sup>3</sup>).

Головний катіон в воді річки – натрій, перевищує концентрації ГДКрг. (120 мг/дм<sup>3</sup> ) на протязі всього періоду спостереження. Як і за вмістом магнію, найбільші значення Na<sup>+</sup> відзначалися в 2009 році (12,1ГДКрг.) , а найменші – в 2012 р. (4,56 ГДКрг.). Середнє за період 2000-2015 рр. становить 7,55 ГДКрг. (906,5 мг/дм<sup>3</sup>).

#### 6.4.2.3 Характеристика часових змін біогенних речовин

До біогенних речовин азотної групи належать азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний.

*Азот амонійний* - Підвищення концентрації амонійного азоту зазвичай вказує на свіже забруднення. Основними джерелами надходження у водойми іонів амонію є тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, стічні води підприємств харчової та хімічної промисловості. Лімітуючий показник шкідливості - токсикологічний.

*Азот нітритний* - Підвищення його концентрації зазвичай вказує на свіже забруднення. Нітрити є проміжною сходинкою в ланцюзі бактеріальних процесів окислення амонію до нітратів (нітрифікація - тільки в аеробних умовах) і, навпаки, відновлення нітратів до азоту та аміаку (денітрифікація - при нестачі кисню). Сезонні коливання змісту нітритів характеризуються відсутністю їх зимою і появою навесні. Найбільша концентрація спостерігається в кінці літа. Восени концентрація нітритів зменшується [48].

*Азот нітратний* - Присутність нітратних іонів у природних водах може бути пов'язана з внутрішніми процесами у водоймі, атмосферними

опадами, що поглинають оксиди Нітрогену та промисловими і господарсько-побутовими стічними водами [48]. Кількість нітратів у поверхневих водах, як правило, невелика. Головним джерелом їх надходження є ґрунтовий шар, у якому нітрати накопичуються як за рахунок природних процесів, так і за рахунок внесення азотних добрив [50], [51].

Зміна у часі концентрації біогенних речовин азотної групи в воді р.Великий Катлабух представлені на рис.6.52. Щоб показати зміни всіх азотних речовин на одному графіку, які мають різні величини концентрацій, було використано відношення фактичного значення показника до його ГДКрг.

Можна зазначити, що перевищення нормативу ( $9,0 \text{ мг/дм}^3$ ) по вмісту азоту нітратного спостерігалось тільки в 2011 році ( $11,67 \text{ мг/дм}^3$ ). В цілому, значення концентрацій змінювались від  $0,373 \text{ мг/дм}^3$  (2007р.) до  $11,67 \text{ мг/дм}^3$ .

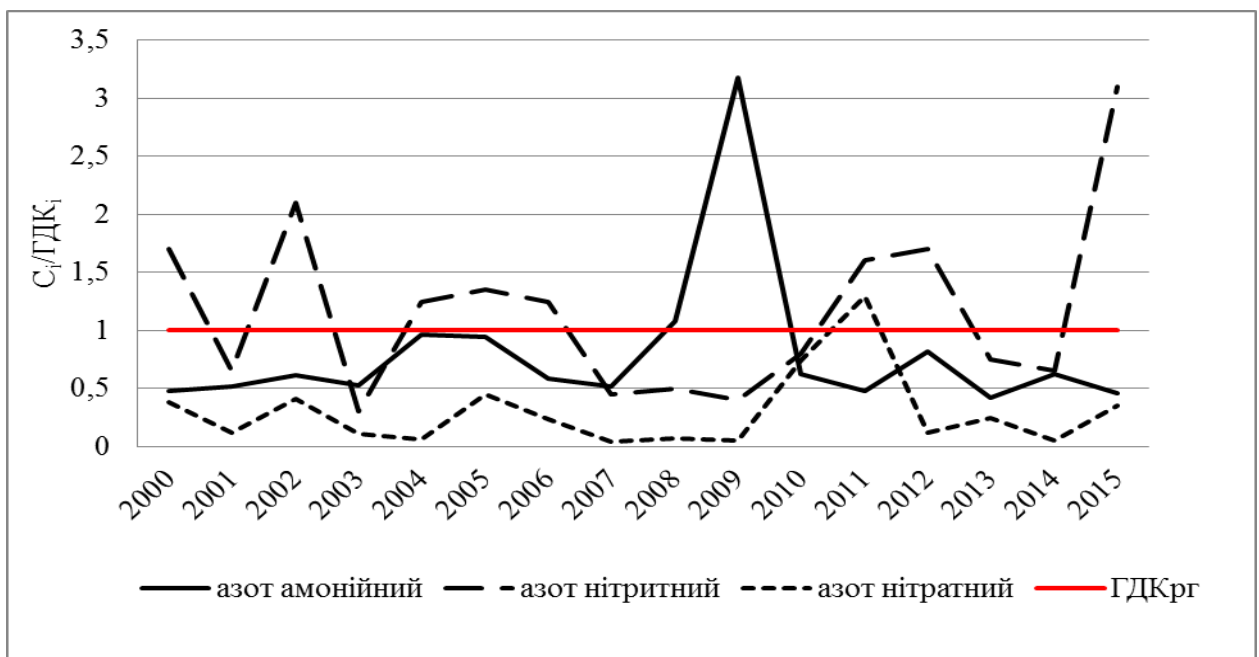


Рисунок 6.52 - Зміна у часі концентрацій біогенних речовин (азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний) в воді р.Великий Катлабух

За виключенням 2009 року, коли перевищення ГДКрг. було у 3,2 рази (ГДКрг. =  $0,39 \text{ мг/дм}^3$ ), концентрації азоту амонійного знаходяться в межах нормативу. Концентрації азоту нітритного за період 2000-2015 рр.

коливались в межах:  $0,006 \text{ мг/дм}^3$  (2003 р.) –  $0,062 \text{ мг/дм}^3$  (2015 р.), що у 3,1 рази вище за норматив ( $\text{ГДК}_{\text{рг.}}=0,02 \text{ мг/дм}^3$ ).

#### 6.4.2.4 Характеристика змін у часі речовин токсичної дії

Динаміка концентрацій речовин токсичної дії (цинк, нафтопродукти, хром, марганець, мідь, феноли, СПАР) в воді р.Великий Катлабух наведена на рис. 6.53 в долях від  $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$  ( $C_i/\text{ГДК}_i$ ).

Зміна концентрацій цинку знаходиться в межах 0 (2014-2015рр.) –  $0,681 \text{ мг/дм}^3$  (2009 р.), що у 68,1 рази більше за  $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$ . Середнє значення за період спостереження перевищує норматив у 6,5 разів ( $\text{ГДК}_{\text{рг.}}=0,01 \text{ мг/дм}^3$ ).

За вмістом фенолів перевищень рибогосподарської ГДК не спостерігалось лише в 2011 та 2013 рр.; на рівні  $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$  знаходилось в 2004 та 2010 рр., а у інший проміжок часу були вищими за норматив. Максимальне значення спостерігалось в 2008 році і дорівнювало  $0,074 \text{ мг/дм}^3$  (74  $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$ ). Середнє за період 2004-2015 рр. становить  $0,008 \text{ мг/дм}^3$  (8 $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$ ).

На протязі періоду спостереження концентрації марганцю були вищими за гранично-допустиму концентрацію ( $0,01 \text{ мг/дм}^3$ ) і коливались в межах  $0,028 \text{ мг/дм}^3$  (2005 р.) -  $0,49 \text{ мг/дм}^3$  (2008 р.). Середнє багаторічне у 15 разів вище за норматив.

Концентрації СПАРів перевищували  $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$  лише в 2005 році у 1,59 рази. Середнє за період спостереження також нижче за  $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$  –  $0,103 \text{ мг/дм}^3$  ( $\text{ГДК}_{\text{рг.}}=0,2 \text{ мг/дм}^3$ ).

Перевищення рибогосподарського нормативу ( $0,05 \text{ мг/дм}^3$ ) за вмістом нафтопродуктів було тільки в 2009 році ( $0,668 \text{ мг/дм}^3$ ). Саме із-за цього значення середнє за 2004-2015 рр. трохи вище за  $\text{ГДК}_{\text{рг.}}$  і дорівнює  $0,061 \text{ мг/дм}^3$ .

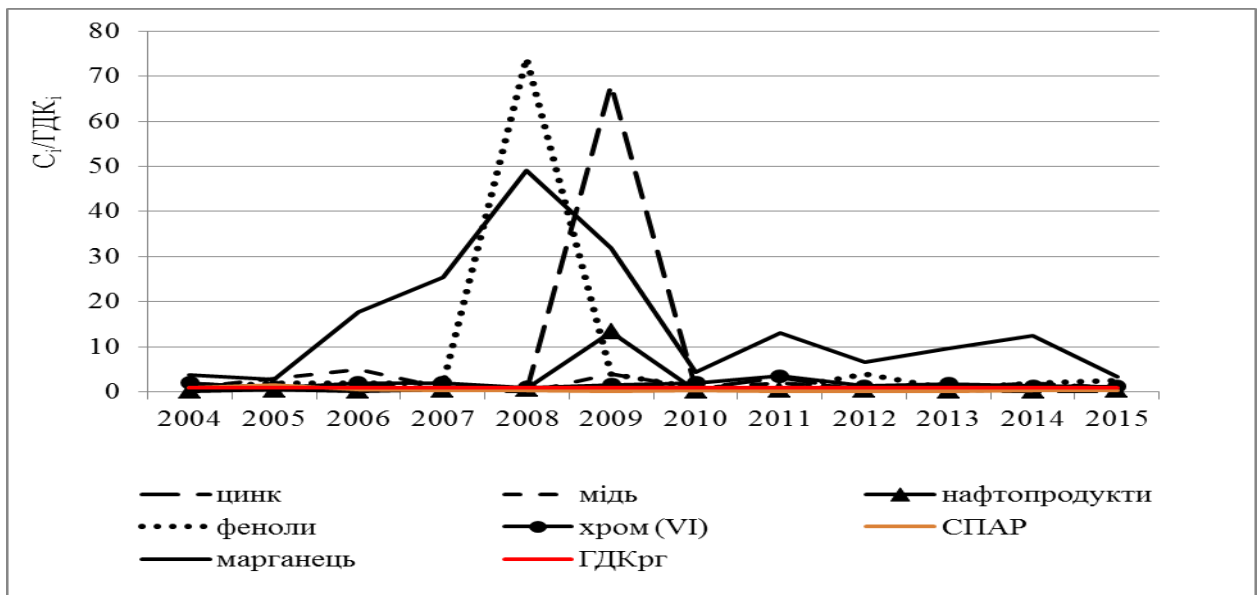


Рисунок 6.53 - Зміна у часі концентрацій речовин токсичної дії (цинк, нафтопродукти, хром, марганець, мідь, феноли, СПАР) в воді р.Великий Катлабух

Концентрації шестивалентного хрому в воді р.Великий Катлабух за досліджуваний період були вищими за ГДКрг. ( $0,001 \text{ мг/дм}^3$ ), за виключенням 2005 та 2008 рр., коли вони дорівнювали нормативу. Максимальне середньорічне значення спостерігалось в 2011 році – 3,5 ГДКрг. Середньобагаторічне у 2 рази вище за ГДКрг.

#### 6.4.3 Екологічна оцінка якості води р.Великий Катлабух

Екологічна оцінка якості води. Оцінка якості поверхневих вод суші за узагальненим екологічним індексом  $I_E$  повинна обов'язково включати три блоки показників [47]:

- сольового складу;
- трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні);
- специфічні токсичної і радіаційної дії.

Вихідні дані аналізуються по кожному блоку окремо. Результати подаються у вигляді єдиної екологічної оцінки, яка складається із заключних висновків по трьох блоках.

Значення екологічного індексу якості води визначається за формулою (6.3):

$$I_E = \{I_1 + I_2 + I_3\} / 3, \quad (6.3)$$

де  $I_1$  – індекс забруднення компонентами сольового складу;

$I_2$  – індекс трофо–сапробіологічних показників;

$I_3$  – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

*Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси, обчислюється для середніх і для найгірших значень категорій окремо. Він може бути дробовим числом.*

Оцінка якості води за сольовим складом ( $I_1$ ) представлена в табл.6.31 та на рис.6.54.

До цього блоку входять наступні речовини: загальна мінералізація, сульфати та хлориди. Найбільш чистою за цим блоком вода була у 2004 та 2012 роках (5,00 та 4,67 відповідно) і оцінювалась як «помірно забруднена». У 2008 та 2010 роках мала найгіршу категорію якості – «дуже брудна» (6,67 в обох випадках). В інші роки вода оцінювалась як «брудна» і блоковий індекс  $I_1$  змінювався з 5,67 (2005-2006, 2011рр.) до 6,33 (2013 р.). Характеристика категорій якості води наведена в табл.6.32 [47].

До блоку трофо-сапробіологічних показників ( $I_2$ ) входять: завислі речовини, прозорість, водневий показник (рН), розчинений кисень, азот амонійний, нітритний та нітратний, перманганатна окислюваність, біхроматна окислюваність (ХСК), БСК<sub>5</sub>. Оцінка якості води за період 2004 - 2015 рр. по другому блоку представлена в табл.6.31 та на рис.6.55.

Таблиця 6.31 - Оцінка якості води р.Великий Катлабух за сольовим блоком ( $I_1$ ), блоком трофо-сапробіологічних показників ( $I_2$ ) та блоком речовин токсичної дії ( $I_3$ )

Рік	$I_1$	Характеристика	$I_2$	Характеристика	$I_3$	Характеристика
2004	5,00	помірно забруднена (5)	4,67	помірно забруднена (5)	3,00	достатньо чиста (3)
2005	5,67	брудна (6)	4,70	помірно забруднена (5)	3,00	достатньо чиста (3)
2006	5,67	брудна (6)	4,70	помірно забруднена (5)	3,13	достатньо чиста (3)
2007	6,00	брудна (6)	4,50	слабко забруднена (4)	2,75	достатньо чиста (3)
2008	6,67	дуже брудна (7)	4,60	помірно забруднена (5)	3,71	слабко забруднена(4)
2009	6,33	брудна (6)	4,70	помірно забруднена (5)	4,63	помірно забруднена (5)
2010	6,67	дуже брудна (7)	4,70	помірно забруднена (5)	2,50	чиста (2)
2011	5,67	брудна (6)	4,70	помірно забруднена (5)	3,38	достатньо чиста (3)
2012	4,67	помірно забруднена (5)	4,80	помірно забруднена (5)	2,88	достатньо чиста (3)
2013	6,33	брудна (6)	4,50	слабко забруднена (4)	2,13	чиста (2)
2014	6,00	брудна (6)	4,60	помірно забруднена (5)	3,29	достатньо чиста (3)
2015	6,00	брудна (6)	4,70	помірно забруднена (5)	3,00	достатньо чиста (3)



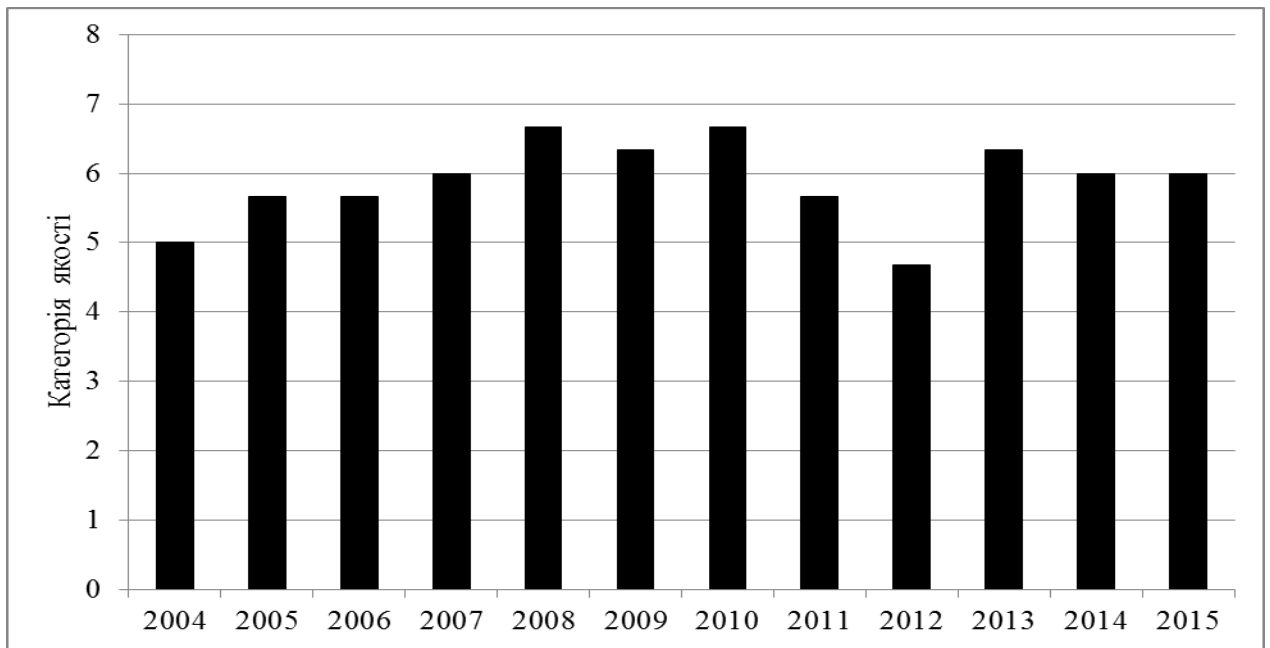


Рисунок 6.54 – Зміна категорії якості води р.Великий Катлабух за сольовим блоком індексом ( $I_1$ )

Тільки за виключенням 2007 та 2013 рр., коли вода оцінювалась як «слабко забруднена», на протязі іншого періоду часу вода в р.Великий Катлабух була «помірно забруднена». Зміна категорій III-го блокового індексу, до якого входять речовини токсичної дії, представлена в табл.6.31 та на рис.6.56. Найбільш чистою за цими показниками вода р.Великий Катлабух була в 2010 та 2013 роках і оцінювалась як «чиста». За виключенням 2008 (вода «слабко забруднена») та 2009 (вода «помірно забруднена») років, вода річки в інший період була «достатньо чиста».

Характеристика інтегрального екологічного індексу наведена в табл.6.33 і представлена графічно на рис.6.57. Видно, що значення  $I_E$  коливаються від 4,11 у 2012 р. (вода оцінюється як «слабко забруднена») до 5,22 у 2009 р. (вода - «помірно забруднена»). Загалом, за період спостереження у 33,3% вода характеризується як «слабко забруднена», а у 66,7% випадків – як «помірно забруднена».

Таблиця 6.32 - Оцінка якості поверхневих вод за екологічною класифікацією, класи та категорії [46]

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості води	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні
Сапробність	Олігосапробні		$\beta$ -мезосапробні		$\alpha$ -мезосапробні		Полісапробні
	$\beta$ -олігосапробні	$\alpha$ -олігосапробні	$\beta'$ -мезосапробні	$\beta''$ -мезосапробні	$\alpha'$ -мезосапробні	$\alpha''$ -мезосапробні	Полісапробні
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні
	Оліготрофні-олігомезотрофні	Мезотрофні	<i>Мезоевтрофні</i>	Евтрофні	Евполітрофні	Політрофні	Гіпертрофні

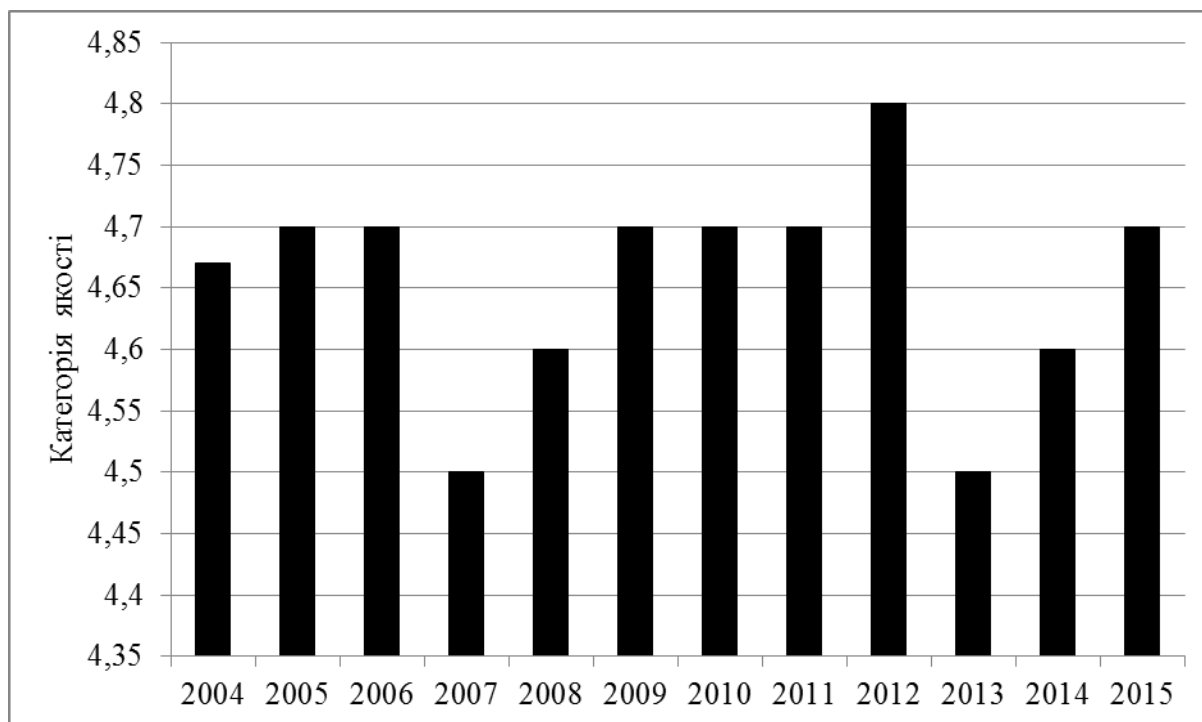


Рисунок 6.55 – Зміна категорії якості води за блоком трофо-сапробіологічних показників ( $I_2$ )

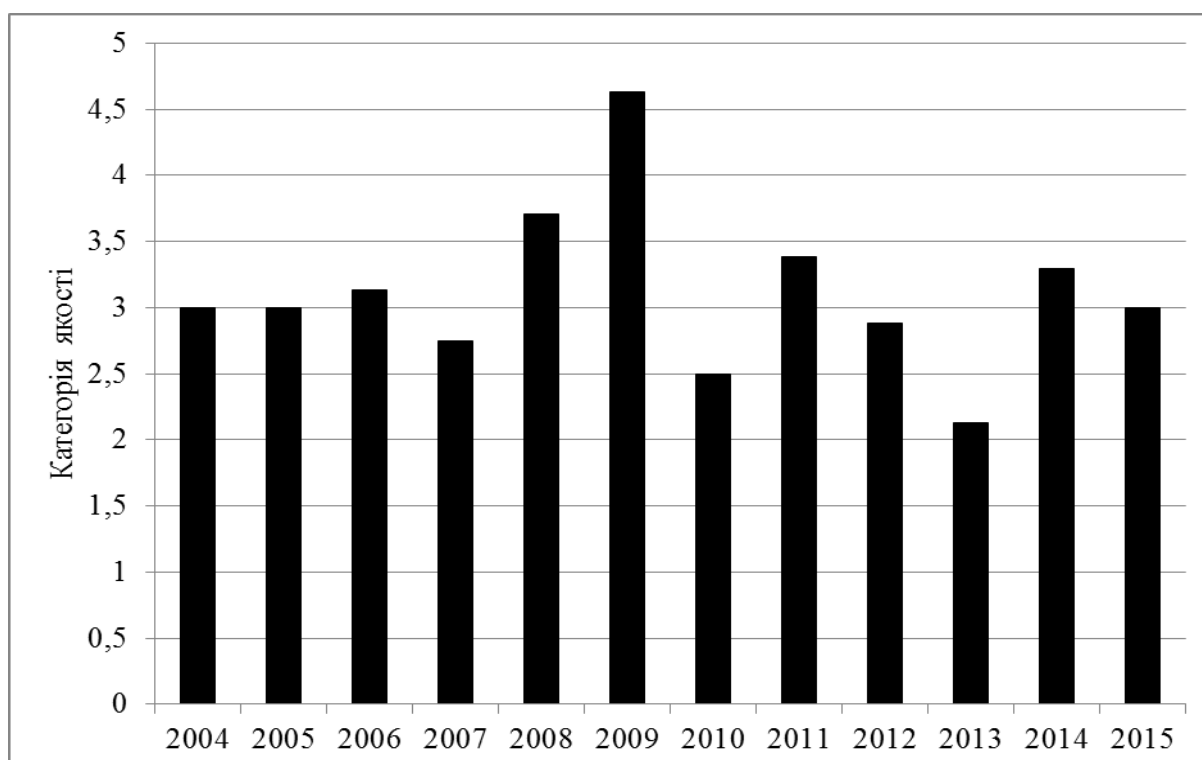


Рисунок 6.56– Зміна категорії якості води за блоком речовин токсичної дії ( $I_3$ )

Таблиця 6.33 – Оцінка якості води р.Великий Катлабух за інтегральним індексом

Рік	I <sub>E</sub>	Характеристика
2004	4,22	слабко забруднена (4)
2005	4,46	помірно забруднена (5)
2006	4,55	помірно забруднена (5)
2007	4,42	слабко забруднена (4)
2008	4,99	помірно забруднена (5)
2009	5,22	помірно забруднена (5)
2010	4,62	помірно забруднена (5)
2011	4,58	помірно забруднена (5)
2012	4,11	слабко забруднена (4)
2013	4,32	слабко забруднена (4)
2014	4,63	помірно забруднена (5)
2015	4,57	помірно забруднена (5)

Основні забруднюючі речовини, які негативно впливають на якість води р.Великий Катлабух, а тому й на якість води оз.Катлабух, мають категорію 6 та 7 (води «брудні» та «дуже брудні»), наведені в табл. 6.34.

По I-ому блоку головними забруднювальними речовинами являються: сума іонів ( $\Sigma i$ ), хлориди ( $Cl^-$ ), сульфати ( $SO_4^{2-}$ ); по II-ому: завислі речовини (зав. реч.), прозорість (проз.), розчинений кисень ( $O_2$ ), азот амонійний ( $NH_4^+$ ), азот нітритний ( $NO_2^-$ ), азот нітратний ( $NO_3^-$ ), перманганатна окислюваність (перм.ок.), біхроматна окислюваність (ХСК); по III-ому: синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), нафтопродукти (НП), цинк (Zn), феноли.

З табл. 6.34 видно, що за вмістом суми іонів та сульфатів вода р.Великий Катлабух практично на протязі всього періоду спостереження була «дуже брудною». За 2004-2015 рр. таку ж категорію мають речовини й II-го блоку (прозорість, ХСК, інколи і азот нітратний).

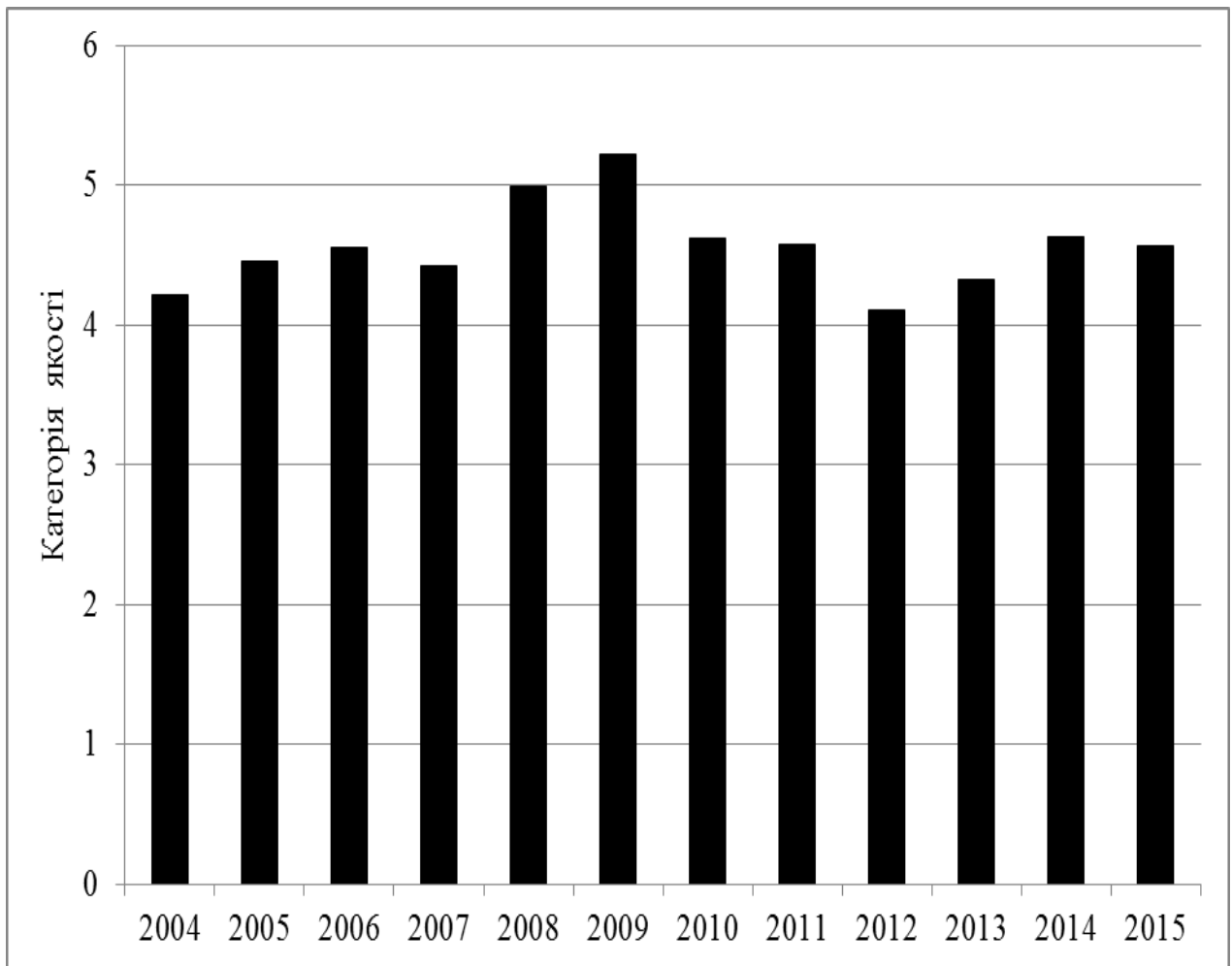


Рисунок 6.57 – Зміна категорії якості води за інтегральним індексом ( $I_E$ )

З речовин токсичної дії (III блок) сьому категорію мали СПАР (2005 р.), феноли (2008 р.), цинк та нафтопродукти (2009 р.). «Брудною» (6-категорія) вода була в 2004р. за вмістом СПАРів; в 2005 р. за вмістом завислих речовин; в 2006р. – нитратів; в 2008р. – хлоридів; 2009 р. – перманганатної окислюваності та азоту амонійному; 2010 р. – завислі речовини, прозорість, перманганатна окислюваність; 2011р. – прозорість; 2012р. - прозорість, перманганатна окислюваність,  $\text{NO}_3^-$ ; 2013р. - завислі речовини, прозорість,  $\text{NO}_3^-$ ; 2014р. - перманганатна окислюваність,  $\text{O}_2$ ; 2015р. - прозорість,  $\text{NO}_2^-$ .

Таблиця 6.34 - Характеристика показників якості води , які мають категорію більш ніж 6

Рік	Категорія якості води	Показники, що входять до блоків екологічної оцінки		
		Блок I <sub>1</sub>	Блок I <sub>2</sub>	Блок I <sub>3</sub>
2004	6 категорія	---	---	СПАР
	7 категорія	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХСК	---
2005	6 категорія	---	зав. реч.	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХСК, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	СПАР
2006	6 категорія	---	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	проз., ХСК	---
2007	6 категорія	---	---	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	проз., ХСК	---
2008	6 категорія	Cl <sup>-</sup>	---	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	проз., ХСК, перм.ок.	феноли
2009	6 категорія	---	перм.ок., NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	проз., ХСК	НП, Zn
2010	6 категорія	Cl <sup>-</sup>	зав. реч., проз., перм.ок.	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХСК, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---
2011	6 категорія	---	проз.	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХСК, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---
2012	6 категорія	---	проз., перм.ок., NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---
	7 категорія	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХСК	---
2013	6 категорія	---	зав. реч., проз., NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХСК	---
2014	6 категорія	---	перм.ок., O <sub>2</sub>	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	проз., ХСК	---
2015	6 категорія	---	проз., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	---
	7 категорія	∑i, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХСК, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання третього етапу науково-дослідного проекту здійснено статистичний аналіз та обробку часових рядів на матеріалах сучасних спостережень гідрологічного режиму річок (максимальний, мінімальний, річний рівнинних і гірських річок) та гідрохімічних показників води річок і водойм, встановлено багаторічні і сучасні тенденції цих характеристик; здійснено розрахунки щодо складових водного балансу водойм для оцінки їх гідроекологічного стану, використано сучасні методи оцінки якості природніх вод для просторо-часового аналізу гідрохімічного стану природних вод.

При цьому важливими висновками результатів дослідження є у **першому розділі**:

1. Статистичні методи займають важливе місце при вирішенні багатьох задач і в першу чергу в галузі розрахунку характеристик максимального та мінімального стоку річок.

2. Використання статистичних методів передбачає наявність стаціонарності та однорідності вихідної інформації.

3. Завдання оцінки значущості лінійних трендів розглянутої гідрологічної характеристики в часі зводиться до оцінки значущості коефіцієнта регресії (складових рівняння лінійної регресії) або коефіцієнта кореляції  $r$ .

4. Для оцінки циклічних коливань гідрометеорологічних величин застосовують такі методи як: автокореляційний та спектральний аналіз; різницеві інтегральні криві; згладжування рядів спостережень шляхом ковзаючих  $n$ -річок, біноміальне осереднення.

До основних висновків **другого розділу** можна віднести такі:

1. В результаті оцінки однорідності, статистичної обробки та просторо-часового аналізу статистичних параметрів річок території Причорноморської низовини використані дані по максимальним витратам

води та шарам стоку весняного водопілля по даним 35 водозборів (з початку спостережень по 2015 р.) і зроблено наступні висновки:

Виконання оцінки однорідності (на рівні значущості 1 та 5 %) часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля річок території Причорноморської низовини показало, що:

- за критерієм *Фішера* ряди максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля у більшості випадків є не однорідними;
- за критерієм *Стюдента* ряди максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля у більшості випадків є однорідними;
- за критерієм *Уїлкоксона* ряди максимальних витрат води весняного водопілля у більшості випадків є не однорідними, а для шарів стоку весняного водопілля – однорідними.

Причинами неоднорідності рядів можуть бути умови формування характеристик річкового стоку на які впливають метеорологічні чинники. Також, на неоднорідність впливає регулювання річкового стоку, водогосподарська діяльність та антропогенні чинники на водозборах річок.

2. В результаті аналізу просторового розподілу статистичних параметрів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля виконане їх осереднення в межах басейнів на досліджуваній території (річок Причорномор'я, річки Південний Буг, річки Дніпро, річок Приазов'я). При цьому встановлено, що

- для річок *Причорномор'я* (на прикладі р. Тилігул) для максимальних витрат та шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середні значення  $C_v$  становить 1,20-1,40, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,15-3,05, при коефіцієнті автокореляції - 0,02-0,03;

- для річок в межах басейну *Південного Бугу* для максимальних витрат та шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,02-1,44, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,30-2,55 при коефіцієнті автокореляції 0,20-0,21 відповідно;



– для суббасейну нижнього *Дніпра* для максимальних витрат та шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,11-1,66, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,16-2,20 при коефіцієнті автокореляції 0,14-0,24 ;

– для річок *Приазов'я* для максимальних витрат та шарів стоку за методом найбільшої правдоподібності отримано – середнє значення  $C_v$  становить 1,25-1,27, середнє співвідношення  $C_s/C_v$  становить 2,60-3,56 при коефіцієнті автокореляції 0,13-0,19.

3. Побудовані хронологічні графіки максимальних витрат води та шарів стоку весняних водопіль вказують на те, що спостерігається тенденція до суттєвого зменшення досліджуваних величин. Побудовані різницеві інтегральні криві для максимальних витрат води та шарів стоку весняних водопіль вказують на наявність циклічності в коливаннях стоку весняного водопілля річок досліджуваної території, з маловодною фазою з кінця минулого сторіччя до 2015 р.

4 Для створення бази вихідної інформації по часових рядах максимального стоку весняного водопілля річок басейну р.Десна були використані дані по 46 гідрологічних постах Державної Гідрометслужби ДСНС України з періодом спостережень від їх початку до 2015 року включно;

5. Для аналізу часових рядів максимального стоку дощових паводків в басейні р.Десни використана багаторічна інформація про максимальні витрати та шари стоку води дощових паводків по 40 гідрологічних постах Державної Гідрометслужби ДСНС України з періодом спостережень від їх початку до 2015 р. включно;

6. Проведений аналіз однорідності та стаціонарності рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків на території басейну р.Десни виконаний з використанням узагальнених параметричних критеріїв Фішера та Ст'юдента, а також непараметричного критерію Уїлкоксона.

7. Аналіз побудованих різницево-інтегральних кривих максимальних витрат і шарів стоку весняного водопілля та дощових паводків показав, що для більшості річок басейну р. Десни характерним є наявність тривалих циклічних коливань, які у більшості випадків є синхронними та синфазними, але трапляються і поодинокі випадки високих та визначних паводків на басейні.

8. Отримані результати дозволяють дійти висновку, про можливість у подальших розрахунках використовувати стандартні статистичні методи оцінки часових рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків в басейні р.Десна.

9. Перевірка однорідності вихідної інформації за допомогою критеріїв Стьюдента, Фішера та Уїлкоксона показала, що характеристики максимального стоку тало-дощових паводків для річок Гірського Криму у більшості випадків однорідні у часі.

10. Аналіз як хронологічних графіків, так і різницевих інтегральних кривих показав наявність повних циклів водності і відсутність значущих трендів для більшості річок Гірського Криму в ході максимального стоку тало-дощових паводків холодного періоду року, а також підтвердив результати щодо однорідності вихідної інформації .

11. Статистична обробка характеристик максимального стоку на річках Гірського Криму проводилась за методами моментів та найбільшої правдоподібності. В результаті отримані основні статистичні параметри – середні значення рядів, коефіцієнти варіації й асиметрії.

12. Точність даних по максимальному стоку паводків холодного періоду річок Гірського Криму становить 26,98%.

13. В результаті статистичного аналізу створеної бази вихідної інформації по 52 гідрологічних постах по максимальному стоку дощових паводків на річках Прикарпаття, що включає інформацію по трьох гірських частинах басейнів Дністра, Прута і Сірету, встановлено:

Майже всі (82 та 94 %) розглянутих часових рядів спостережень за максимальними витратами води та шарами стоку однорідні як при 1 % рівні значимості, так і при 5 %-ому рівні значимості;

Часові ряди спостережень охоплюють повні цикли водності, та на більшості з них відсутні значимі тренди;

Використовуючи трипараметричну криву гама-розподілу за статистичними параметрами  $C_v$  та прийнятого середнього співвідношення  $C_s/C_v=3,0$ , визначені максимальні модулі дощових паводків на річках Прикарпаття забезпеченістю  $P = 1 \%$ . Модуль стоку змінюється в межах досліджуваної території від  $0,34-3,44 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  в басейні гірської частини Дністра до  $0,34-4,09 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  в басейні Прута та  $1,03-1,67 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  в басейні Сірету.

14. Максимальний шар стоку дощових паводків теплого періоду 1 % забезпеченості на території Прикарпаття змінюється від 20 мм до 491 мм в гірській частині р. Дністер, від 89 мм до 358 мм в верхів'ях р. Прут та 154-186 мм в верхів'ях р. Сірет.

15. Середньоквадратичні похибки 1 %-их квантилів максимальних витрат води дощових паводків  $Q_{1\%}$  у межах Прикарпаття дорівнює 16,5 %, а шарів стоку  $Y_{1\%}$  - 18,3 %, що задовольняє вимоги нормативного документу.

16. Оцінка однорідності та стаціонарності часових рядів максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла показала, що 5 з 13 рядів максимальних витрат води весняного водопілля та 2 з 13 рядів максимальних витрат води дощових паводків є неоднорідними. У той час, неоднорідними є 3 з 13 часових рядів шарів стоку весняного водопілля та 2 з 13 часових рядів шарів стоку дощових паводків.

17. Можливі причини неоднорідності деяких рядів визначені як недостатня тривалість рядів даних, антропогенний вплив, який проявляється на досліджуваних водозборах, а також кліматичні зміни.

18. Виконане дослідження циклічності максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла дало змогу виділити

цикли водності досліджуваних річок та встановити, що у більшості випадків цикли співпадають між собою.

19. За результатами статистичної обробки часових рядів по максимальному стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла та подальших розрахунків відповідних шарів стоку рідкісної імовірності перевищення було виконане географічне узагальнення шарів стоку весняного водопілля та дощових паводків річок басейну р. Вісла методом картування. Ізолінії шарів стоку весняного водопілля та дощових паводків проведені через 2 мм. По картах ізоліній шари стоку весняного водопілля змінюються від 36 мм на північному сході басейну до 68 мм на південний захід, а дощових паводків – від 20 мм до 40 мм, відповідно.

20. Для врахування впливу заболоченості водозборів запропоновані формули, за допомогою яких, користуючись картами ізоліній шарів стоку, можна визначити шари стоку весняних водопіль і дощових паводків рідкісної імовірності у будь-якій точці досліджуваного басейну.

21. Оцінена точність вихідної інформації по максимальному стоку весняного водопілля та дощових паводків басейну р. Вісла, яка знаходиться на рівні точності вимірювань максимального стоку.

Основні висновки *третього розділу* є наступні:

1. Для аналізу мінімального стоку в зоні недостатньої водності України наявна гідрометеорологічна багаторічна інформація про мінімальні 30-добові витрати води у період відкритого русла та зимовий період зі стійким льодовим покривом.

2. Для створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку річок у період зимової та літньо-осінньої межени використано дані по 69 гідрологічних постах з періодом спостережень від їх початку по 2015 р. включно, та діапазоном водозбірних площ від 145 км<sup>2</sup> (Кодима – с. Обжила) до 46200 км<sup>2</sup> (Південний Буг - смт Олександрівка).

3. За класифікацією А.І. Чеботарьова на досліджуваній території 68% річок відносяться до категорії малих та 32% - до середніх.

4. Згідно класифікації запропонованій у Водній Рамковій Директиві ЄС 2000/60/ЄС, річки в зоні недостатньої водності України поділяються на чотири категорії: малі –1,4%, середні –43,4%, великі –48% та дуже великі – 7,2%.

5. Для статистичної обробки характеристик часових рядів мінімальних 30-добових витрат використані багаторічні дані по 69 гідрологічних постах за зимовий та літньо-осінній періоди в зоні недостатньої водності України. За розрахунковий взято період з початку спостережень по 2015р. включно. Для визначення статистичних параметрів ( $r(l)$ ,  $C_s$ ,  $C_v$ ,  $C_s/C_v$ ) використано метод моментів та найбільшої правдоподібності.

6. З метою аналізу просторового розподілу статистичних параметрів мінімального стоку річок в періоди зимової та літньо-осінньої межени виконане їх осереднення в межах суббасейнів (річок Причорномор'я, Південний Буг, басейн Дніпра, басейн Дону та річок Приазов'я) на досліджуваній території та представлено в графічному вигляді.

**Четвертий розділ** має наступні основні висновки:

1. Отримані статистичні параметри характеристик річного стоку в межах басейнів річок Горинь, Стир та Случ для кожного гідрологічного поста, показали такі результати: середні величини модулів річного стоку ( $\bar{q}$  л/с·км<sup>2</sup>), які змінюються від 3,3 л/с·км<sup>2</sup> до 5,9 л/с·км<sup>2</sup>, коефіцієнти варіації ( $C_v$ ) у методі моментів знаходяться у межах від 0,22 до 0,55, у методі найбільшої правдоподібності – від 0,22 до 0,56. Співвідношення  $C_s/C_v$  складає у середньому 2,54.

2. Перевірка на однорідність визначила два неоднорідних поста (р.Случ – с.Велика Клітна, р.Хомора – пгт Понинка). Для гідрологічних постів, які виявились неоднорідними були побудовані хронологічні графіки та виявлені часові тренди. Наявні тренди на постах р. Случ – с. Велика Клітна р. Хомора – пгт Понинка чітко виражені і відзначається тенденція до

збільшення водності по роках. Для визначення циклічності у часових рядах річного стоку досліджуваного району, побудовані різницеві інтегральні криві, вони утворюють замкнуті цикли коливань водності і визначається їх схожість.

В результаті досліджень, проведених у *п'ятому розділі* зроблено такі висновки.

1. Аналіз сумарних кривих шарів стоку весняного водопілля (на постах з найбільшими діючими ГЕС на них) та їх різницевих інтегральних кривих в басейні р. Південний Буг показав, що в сучасний період формування весняного водопілля на басейні вплив зарегульованості на максимальний стік не суттєвий, відхилення на сумарних кривих переважно пояснюються природними циклами та впливом змін клімату на водність річок.

2. В роботі виконано статистичну обробку часових рядів стокових характеристик та метеорологічних чинників формування стоку. Враховуючи, що значення коефіцієнтів варіації шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля досліджуваних річок практично у всіх випадках становлять  $C_v \geq 0,50$ , а  $C_s / C_v > 2,0$ , тому для подальших розрахунків при визначенні прогнозних забезпеченостей характеристик весняного водопілля прийнято метод найбільшої правдоподібності та трипараметричний гамма-розподіл С.М. Крицького і М.Ф. Менкеля.

3. Просторо-часовий аналіз статистичних параметрів часових рядів характеристик річкового стоку виконано при побудові сумарних кривих, які вказують на те, що для всіх річок басейну Південного Бугу однорідність рядів порушена в час початку суттєвих впливів змін клімату на режим весняного водопілля річок території (тобто у період з кінця 1980-х років по 2015 р.).

4. Виконано гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок при застосуванні методів факторного та кластерного аналізів. При цьому, виділено два гідрологічні

райони з підрайонами (район I – до р. Південний Буг – с. Тростянчик та район II з підрайонами Па, Пб, Пв нижче за течією від с. Тростянчик) з однотипними умовами формування весняних водопіль.

5. Для розробки методики довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля (шарів стоку та максимальних витрат води) в басейні р. Південний Буг обрано 14 опорних гідрологічних поста для 50-ти річного періоду спостережень – з 1966 р. по 2015 р. В результаті використання методу факторного аналізу сформований вектор-предиктор дискримінантної функції, до якого увійшли максимальні запаси води в сніговому покриві, опади періоду весняного водопілля та максимальна глибина промерзання ґрунтів.

6. Підготовлено та сформовано базу вихідних даних для побудови прогнозних залежностей у період літньо-осінньої межені. За доп при використанні даних про щоденні та середньопентадні витрати води за період літньо-осінньої межені з 2002 по 2018 рр. в басейні р. Південний Буг.

7. В результаті роботи були проведені розрахунки руслових запасів в басейні р. Південний Буг за виведеною формулою для ділянки Селище – Тростянчик - Підгір'я – Синюхін Брод - Олександрівка.

8. Побудовані прогностичні залежності  $\bar{Q}_{n+5} = f(W_n)$  для межені в цілому, та окремо для липня, серпня, вересня та жовтня місяця (з 2002 по 2018 рр.) та встановлено середньоквадратичне відхилення прогнозованої величини за період завчасності прогнозу. Виконана оцінка ефективності і якості методики за літньо-осінній період на р. Південний Буг замикаючого створу смт Олександрівка за критерієм  $S/\sigma$  і забезпеченості допустимої похибки  $P\%$ , що показало задовільну якість методики.

Під час наукових досліджень у *шостому розділі* зроблено наступні основні висновки:

1. Гідрометеорологічна мережа включає виробництво стандартних і спеціальних гідрологічних і гідрохімічних спостережень, яка для басейнів придунайських озер вкрай недостатня. На українській пригірловій частині

р. Дунай стандартна мережа гідрологічних спостережень складається з 6 річкових постів, з яких два вимірюють витрати води м. Рені (г/с 54 міля) і м. Ізмаїл (г/с 115 км). Гідрологічні спостереження в дельтовій частині Дунаю здійснюють й 5 озерних гідрологічних постів.

2. Атмосферні опади – це один з основних елементів приходної частини рівняння водного балансу. Річна кількість опадів на м/ст Болград становить 504 мм (1945-2018 рр.), а на м/ст Ізмаїл – 469 мм (1949-2018 рр.), що є дещо нижчими величинами за кліматичну стандартну норму.

Часовий хід річних сум опадів на метеостанціях Болград (1945-2018 рр.) та Ізмаїл (1949-2018 рр.) у вигляді хронологічних графіків та різницево-інтегральних кривих, показав, що в цілому на обох метеостанціях спостерігається синхронність ходу річних сум опадів, часові їх тренди є незначущими.

Аналіз статистичної обробки часових рядів опадів метеостанціях Болград і Ізмаїл виявив, що середні місячні величини опадів по групах водності і середні за рік практично однотипні за внутрішньорічним розподілом, особливо у першій половині року. Статистична обробка часових рядів річних сум опадів показала, що найменші середні значення сум місячних опадів на метеостанціях Болград та Ізмаїл (29-31 мм) спостерігаються у січні-березні, а найбільші – у червні, липні і становлять 50-71 мм на м/ст Болград та 51-58 мм на м/ст Ізмаїл. Значення коефіцієнтів варіації часових ряів річних опадів  $C_v$  змінюються в межах від 0,59 в квітні і до 0,90 у вересні, при середньому значенні співвідношення  $C_s/C_v$  за методом моментів 1,59.

3. За відсутності систематичних вимірювань стоку води річок, що впадають в басейн озера Катлабух (приходна частина водного балансу) норма річного стоку визначалася непрямими методами. В роботі була прийнята стохастична імітаційна модель «клімат-стік», за якою для річок басейну озера Катлабух визначена норма природного стоку  $\bar{Y}_{ПР} = 8,4$  мм, коефіцієнт варіації  $C_v = 1,7$ , а співвідношення прийнято в



моделі  $C_s / C_v = 1,7$ . При цьому, при модулі річного стоку  $\bar{q} = 0,27$  л/(с·км<sup>2</sup>) і загальній площі всіх річок, що живлять озеро Катлабух ( $F = 1060$  км<sup>2</sup>), середня багаторічна річна витрата води становить  $\bar{Q} = 0,29$  м<sup>3</sup>/с, що в об'ємах дорівнює 9,15 млн м<sup>3</sup>.

4. Величини випаровування з водної поверхні (за даними випаровувального басейну на м/ст Болград), які є витратною складовою водних балансів водойм, при середньобагаторічній (за період 1960-2018 рр.) їх величині за рік 800 мм, мають тенденцію до різкого їх зростання у період з 2010 р. – до 1163 мм у 2018 р. В цілому ж збільшення величини випаровування з водної поверхні за період з 1960 по 2018 рр. становило 108 мм.

5. Аналіз даних спостережень за температурою повітря по метеорологічних станціях Болград і Ізмаїл (за період спостережень 1961-2018 рр.) показав, що роль сучасного підвищення річних і, особливо, літніх температур повітря, та незначних коливань величин опадів, що спостерігається останніми роками, у водному балансі досліджуваного озера Катлабух буде відчутна в підвищенні величин випаровування з водної поверхні водойми, як витратної складової балансів.

6. Дослідження гідрологічного режиму р. Дунай у м. Рені і у м. Ізмаїл (як складової водообміну у озерах) показали:

- хронологічні часові ряди середніх (за період 1840-2015 рр.), максимальних і мінімальних рівнів і витрат води (за період 1921-2015 рр.), аналогічні та показують наявність найбільш вираженого майже вікового тренду до підвищення максимальних витрат води та менш виражену – для середніх і мінімальних витрат води;

- внутрішньорічний хід середніх, максимальних і мінімальних місячних рівнів води р. Дунай у м. Рені і у м. Ізмаїл показує загальну синхронність їх коливань, а у витратах води найбільша доля стоку припадає на весняно-літній період формування водопілля, а найменша – на осінній період формування

меженного стоку. В розподілі мінімальних місячних значень стоку води внутрішньорічний розподіл менш виражений;

- перевірка однорідності часових рядів середніх річних, максимальних і мінімальних витрат води р. Дунай (в створах м. Рені та м. Ізмаїл) виконана в періоди, що відповідають умовно природньому режиму стоку води (1840-1920 рр.), слабо зміненого режиму (1921-1960 рр.), періоду зміненого під антропогенним впливом режиму стоку річок (1961-1989 рр.). Визначення впливу зміни клімату на водність Нижнього Дунаю, дозволило ввести новий період сучасної водності при впливі кліматичних змін (1990-2015 рр.);

- за критерієм Фішера, Стьюдента та Уїлкоксона (на рівні значущості 5%) часові ряди середніх річних витрат води по постах у м. Рені слід вважати однорідними за всіма виділеними періодами, тоді як на посту Ізмаїл ряди є однорідними тільки при порівнянні періодів умовно природнього режиму стоку та слабо зміненого режиму. В подальші періоди (після 1961 р.) порушення однорідності рядів середньорічних витрат води м. Ізмаїл пов'язане з антропогенним чинником – гідротехнічними заходами на основних рукавах дельти Дунаю, що призвело до зменшення водності на українській частині Дунаю (у Кілійському рукаві);

- для зведеного ряду середніх річних витрат води (1840-2015 рр., 176 років) коефіцієнти варіації становлять для обох постів 0,19, для максимальних витрат води (для періоду 1921-2015 рр., 95 років) вони одержані рівними 0,17-0,18, для мінімальних витрат води –  $C_v$  дещо вищі для створу м. Рені і становлять 0,29.

Таким чином, дослідження багаторічних і сучасних тенденцій в змінах гідрологічного режиму р. Дунай на українській ділянці від гідроствору м.Рені до м. Ізмаїл виявили вплив як антропогенних чинників, так і змін клімату на його гідрологічний режим при позитивних тенденціях водності річки, зокрема максимального стоку.

7. На формування гідрохімічного режиму і якість води у озері Ялпуг-Кугурлуй впливає випаровування з водної поверхні, водозабір на

господарські потреби та зрошення, об'єм наповнення та скидів в р. Дунай, а також надходження води зі стоком малих річок. Щодо останніх, то для них характерні значна мінералізація води і водночас значна концентрація біогенних і забруднювальних речовин.

8. Значні відмінності по акваторії мають значення мінералізації і якість води у водосховищі Ялпуг–Кугурлуй, оскільки ця водойма майже поділена надвоє, і з'єднується лише неширокою протокою, над якою прокладено автошлях. Мінералізація води в південній частині водосховища (в Ялпузі) в пункті спостережень у ПС Болградський питний в/з, за останні 10 років – це погіршення стану води, особливо по показниках сольового складу. Так, у 2013 році середньорічна мінералізація була 957,0 мг/дм<sup>3</sup>, а в 2017 р. – 1587, 2018 р.- 1423 мг/дм<sup>3</sup>.

Мінералізація в тій частині водосховища (Кугурлуй), що має значно кращий гідравлічний зв'язок із Дунаєм, в пункті спостережень (с. Нова Некрасівка) змінювалась в межах від 651,5 мг/дм<sup>3</sup> в 2010 р. до 1051,1 мг/дм<sup>3</sup> в 2018р. , тобто також відзначається тенденція до підвищення мінералізації.

Щодо річок, що впадають до озера (р. Ялпуг та р. Карасулак), то показники мінералізації води залишаються протягом досліджуваного періоду стабільно високими - 3431,7 та 4365,4 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Певної тенденції у зміні мінералізації відмітити неможливо.

Аналізуючи хімічний склад води за головними іонами, можна відмітити підвищення значень сульфатів, хлоридів та іонів натрію та калію в 2017, 2018 рр. на обох пунктах спостереження, що і підтверджується відповідними графіками.

В річках Ялпуг та Карасулак ці іони також мають найвищі значення, але не відзначається ніякої тенденції.

9. При дослідженні наявності біогенних елементів спостерігалась загальна тенденція до зростання значень середньорічних величин ХСК. Ця величина зросла від 44,8 мг/дм<sup>3</sup> у 2009 р. до 75,8 мг/дм<sup>3</sup> у 2018 р. Взагалі в усіх пунктах спостереження можна відмітити зростання величин

ХСК, концентрація інших біогенних елементів залишається стабільно високою, що свідчить, в першу чергу, про органічне забруднення води.

10. При дослідженні вмісту у воді забруднюючих речовин треба відзначити підвищений вміст заліза та марганцю як у пунктах спостереження озера Ялпуг- Кугурлуй, так і в р. Ялпуг.

В пункті спостереження р. Дунай м.Рені, води якого досліджувалися з метою виявлення забруднюючих речовин при водообміні озера Ялпуг-Кугурлуй, можна відмітити підвищений вміст заліза. А в річці Карасулак відмічаються підвищені концентрації марганцю.

Як і у випадку із забрудненням органічними речовинами, головною причиною забруднення поверхневих вод сполуками азоту та фосфору, фенолами та важкими металами є недостатній рівень очистки стічних вод, що надходять від комунальних, промислових та сільськогосподарських точкових джерел, а також с поверхневим стоком.

Вважається, що надмірна евтрофікація водойм починається при вмісті в воді азоту в концентрації 0,2-0,3 мг/дм<sup>3</sup>, фосфору – 0,01-0,02 мг/дм<sup>3</sup>.

Середній вміст неорганічних сполук азоту у воді Дунаю на українській частині становить 1,55 мг/дм<sup>3</sup>, фосфору – 0,08 мг/дм<sup>3</sup>. Тому дуже значна частина біогенних речовин потрапляє в придунайські озера-водосховища навіть з дунайською водою під час наповнення озер та посилює їх евтрофікацію.

Значний вплив на мінералізацію та забруднення озера Ялпуг-Кугурлуй мають періодичні скиди забруднюючих речовин Республікою Молдова у транскордонні водотоки (малі річки), а саме у р. В. Ялпуг, яка тече з території Молдови в Україну та впадає в оз. Ялпуг (Болградський район) – єдине джерело водопостачання м. Болград.

11. За період 2000-2015 рр. вода Великого Катлабуху за характеристикою мінералізації належить до солонуватих β-мезогалинних, сульфатно-натрієвих, II типу. Середня багаторічна концентрація складає 4933 мг/дм<sup>3</sup> і коливається у межах 2959,5 (2012 р.) - 8245,7 мг/дм<sup>3</sup> (2009 р.).

Спостерігається збільшення мінералізації у часі. Максимальні середні річні значення хлоридів спостерігались в 2010 р. (3,6ГДКрг.), сульфатів<sup>-</sup> - в 2009 р. (44ГДКрг.).

Серед головних катіонів превалюють іони натрію і перевищують концентрації ГДКрг. на протязі всього періоду спостереження. Концентрація магнію також вище за норматив і коливалась від 192,6 (2012 р.) до 536,5 мг/дм<sup>3</sup> (2009р.). Концентрація кальцію змінювались в межах 146,4 (2012 р.) – 474,3 мг/дм<sup>3</sup> (2009 р.). Зміна катіонів у часі має синхронний характер.

Концентрації азоту амонійного та азоту нітратного знаходяться в межах нормативу (за виключенням 2009 та 2011рр. відповідно). Концентрації азоту нітритного за 2000-2015 рр. часто перевищували ГДКрг. Максимальне значення - 0,062 мг/дм<sup>3</sup> (2015 р.).

Концентрації розчиненого кисню змінювались у межах 4,2 – 11,3 мг/дм<sup>3</sup>; вміст завислих речовин від 21,0 мг/дм<sup>3</sup> (2012 р.) до 72,5 мг/дм<sup>3</sup> (2005р.). Перевищення нормативу за БСК<sub>5</sub> спостерігалось практично на протязі всього періоду. Максимальна концентрація БСК<sub>5</sub> була в 2002 році – 8,49 мг/дм<sup>3</sup>.

Серед речовин токсичної дії в воді р.Великий Катлабух спостерігались: цинк, нафтопродукти, хром, марганець, мідь, феноли, СПАР.

Середнє значення концентрацій цинку за період спостереження перевищує норматив у 6,5 разів. За вмістом фенолів перевищень ГДКрг не спостерігалось лише в 2011 та 2013 рр. Концентрації марганцю коливались в межах 2,8 (2005р.) - 49 ГДК (2008 р.). Концентрації СПАРів перевищували ГДКрг. лише в 2005 році (у 1,59 разів), а нафтопродуктів - тільки в 2009 році (у 13,4 рази). Концентрації хрому були вищими за ГДКрг. за виключенням 2005 та 2008 рр., коли вони дорівнювали нормативу.

Екологічна оцінка якості води р.Великий Катлабух оцінювалась за трьома блоками: сольовим складом, трофо-сапробіологічними показниками, речовинами специфічних речовин токсичної та радіаційної дії.

За речовинами сольового блоку вода у 2004 та 2012 рр. оцінювалась як «помірно забруднена». У 2008 та 2010 роках мала найгіршу категорію якості – «дуже брудна». В інші роки вода оцінювалась як «брудна».

За виключенням 2007 та 2013 рр., вода по речовинах II-го блоку оцінювалась як «слабко забруднена». На протязі іншого періоду часу вода річки була «помірно забруднена».

За речовинами токсичної дії вода р.Великий Катлабух в 2010 та 2013рр. оцінювалась як «чиста». За виключенням 2008 (вода «слабко забруднена») та 2009 (вода «помірно забруднена») років, вода в інший період була «достатньо чиста».

Вода Великого Катлабуху за інтегральним екологічним індексом за період спостереження у 33,3% характеризується як «слабко забруднена», а у 66,7% випадків – як «помірно забруднена».

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик / Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 260 с.
2. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии / Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 423с.
3. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / Санкт-Петербург: ГГИ, 2007. 278 с.
4. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. Санкт-Петербург, 2010. 162 с.
5. Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168). Пятое изд. 1994. 844 с.
6. Афанасьев А.Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР (в особенности в бассейне Байкала). Москва: Наука. 1967. 231 с.
7. Кузин П.С. Циклические колебания стока рек северного полушария. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 447 с.
8. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 308 с.
9. Чорноморець Ю.О. Оцінка циклічності багаторічних коливань стоку річок Українських Карпат: автореф. дис ... канд. геогр. наук: 11.00.07. Київ. 2007. 20 с.
10. Клибашев К.П., И.Ф.Горошков. Гидрологические расчеты. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 431 с.
11. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. Москва: «Наука», 1981. 254 с.

12. Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: Конспект лекцій. Дніпропетровськ: ПБП «Економіка» 2006. 175 с.

13. Блохинов Е.Г. Новые приемы для оценки параметров случайных колебаний речного стока по данным многолетних наблюдений / Труды ГГИ. 1968. Вып.143. С.134-185.

14. Алексеев Г.А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации. Ленинград : Гидрометеоздат, 1975. 95 с.

15. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеоздат, 1984. 447 с.

#### PERELIK DJEREL POSILANNA DO ROZDLIU 2

1. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеоздат, 1984. 447 с.

2. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Москва: Госстрой России, 2003. 74 с.

3. Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru Condițiile republicii Moldova. CPD.01.05-2012. 178p.

4. Руководство по гидрологической практике. Т. II. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. Женева: ВМО. 2012. № 168

5. Рождественский А.В., А.И. Чеботарев. Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеоздат, 1974. 423 с.

6. Гребінь В. В, Мокін В. Б., Сташук В. А., Хільчевський В. К., Яцюк М. В., Чунарьов О. В., Крижановський Є. М., Бабчук В. С., Ярошевич О.Є. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013, 55 с.



7. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – Санкт-Петербург, 2010. – 162 с.
8. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 260 с.
9. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчётных значений по неоднородным данным // ГУ «ГГИ». 2010. С. 39-40.
10. Горбачова Л.О., Барандіч С.Л. Просторово-часова мінливість максимального стоку води весняного водопілля та паводків змішаного походження річок України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2016. Вип. 269. С. 107-114. 100.
11. Гребінь В.В., Ободовський О.Г., Жовнір В.В., Мудра К.В., Почасвець О.О. Оцінювання однорідності рядів стокових характеристик річок районів річкових басейнів та суббасейнів України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 1 (52). С. 36-50.
12. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірзанова Ж.Р. Зміни характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2012, №10. С. 133-142
13. Шакірзанова Ж.Р., Казакова А.О. Гідрометеорологічні чинники і характеристики весняних водопіль в басейні р.Південний Буг в сучасних кліматичних умовах. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2015. Вип. 20. С. 100-107.
14. Гопченко Є.Д., Ємельянова К.Б. Дослідження максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок // Геологічне, гідрологічне та біологічне різноманіття Полісся: Зб. Наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції до 130-річчя від дня народження видатного польського дослідника Полісся Станіслава Малковського та у рамках проведення Водного форуму до 105-річчя Національного університету

водного господарства та природокористування. – Рівне: НУВГП, 2020. С. 138-140.

15. Ємельянова К.Б., Докус А.О. Дослідження часових рядів характеристик весняного стоку річок території Причорноморської низовини // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Мат. VIII Міжнародної наукової конференції молодих вчених (26-27 листопада 2020 р., м. Харків). 2020. С. – подано до друку.

16. Ємельянова К.Б. Дослідження максимального стоку весняного водопілля на території Причорноморської низовини // Матеріали XIX конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ. 2020. С. 116.

17. *Ресурсы поверхностных вод СССР Т.6. Украина и Молдавия. Вып.2. Среднее и Нижнее Поднепровье* / [под ред. М.С.Каганера]. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1971. 656 с.

18. *Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші: довідник, Вип.2, ч.1.* Київ: Віпол, 2017.

19. Овчарук В.А., Іващенко С.В. Регіональна методика для визначення максимального стоку весняного водопілля річок суббасейну р. Десна в умовах змін клімату // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020.–№5(56). м. Київ. С. 15– 25.

20. Норченко Ye. D., Loboda N. S., Ovcharuk V. A. *Гідрологічні розрахунки: підручник*. Odesa : TES, 2014. 484 pp.

21. Овчарук В.А., Іващенко С.В. Оцінка однорідності та стаціонарності часових рядів максимального стоку дощових паводків в суббасейні р. Десна // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. №3(54). м. Київ. С.71 – 72.

22. Овчарук В.А., Іващенко С.В. Сучасні розрахункові характеристики максимального стоку весняного водопілля та дощових паводків річок Чернігівського та Новгород-Сіверського Полісся // Геологічне, гідрологічне та біологічне різноманіття Полісся: Зб. Наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції до 130-річчя від дня народження видатного

польського дослідника Полісся Станіслава Малковського та у рамках проведення Водного форуму до 105-річчя Національного університету водного господарства та природокористування. Рівне: НУВГП, 2020. С. 165-171.

23. Іващенко С.В., Овчарук В.А. «Використання аналітичних кривих розподілу при розрахунках максимальних витрат води паводків різного генетичного походження в суббасейні р.Десна»// Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ. 2020. С. 345., С.123 – 125.

24. Екстремальні гідрологічні явища: паводки і посухи на території гірських регіонів України (за ред. Гопченка Є.Д.): Монографія. Одеса: ТЕС, 2018. 324 с.

25. Valeriya Ovcharuk, Eugene Gopchenko, Olena Todorova, Kateryna Myrza. Calculating the characteristics of flash floods on small rivers in the Mountainous Crimea // *Geofizika*, Vol. 37, No. 1, 2020, 27–43. <https://doi.org/10.15233/gfz.2020.37.3>

26. Ovcharuk V., Todorova O. Determination of characteristics maximal runoff Mountain Rivers in Crimea. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2016, 8(2), 525-541. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v8i2.23>.

27. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / Санкт-Петербург: ГГИ, 2007. 278 с.

28. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. Москва : Наука, 1981. 285 с.

29. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6: Украина и Молдавия. Вып. 1: Западная Украина и Молдавия* : монографія [под ред. М.С.Каганера]. Ленинград: Гидрометеоздат, 1969. 884 с.

30. *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.

31. Водний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. №24, ст.189. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
32. *Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення* : вид. офіційне. Київ : Твій формат, 2006. 240 с.
33. *Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик*. Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. 111 с.
34. Горбачова Л. О., Бібік В.В. Часова однорідність характеристик водного стоку в басейні річки Боржава. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2012. Вип. 262. С. 177-188.
35. Горбачова Л.О. Методичні підходи щодо оцінки стаціонарності і однорідності гідрологічних рядів спостережень. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т.1. С. 22-31.
36. Маргарян В. Г., Овчарук В. А., Гопций М. В., Боровская Г. А. Сравнительный анализ и оценка многолетних колебаний максимального стока рек горных территорий Армении и Украины в условиях глобальных изменений климата / *Устойчивое развитие горных территорий*. 2020. Т.12. №1(43). С. 61-75. <http://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-1-61-75>
37. Онищенко Э., Гопций М., А.Гайдамака Анализ многолетних колебаний водности и внутригодовое распределение стока рек бассейна Днестра // *Материалы Международной конференции «Евроинтеграция и управление бассейном Днестра»* Кишинев: Есо-TIRAS, 8-9 октября 2020 г. С. 226-230.
38. Мартинюк М.О., Овчарук В.А. Використання ГІС-технологій для визначення залісеності басейнів річок Малого та Волинського Полісся // *Геологічне, гідрологічне та біологічне різноманіття Полісся: Зб. Наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції до 130-річчя від дня народження видатного польського дослідника Полісся Станіслава Малковського та у рамках проведення Водного форуму до 105-річчя*

Національного університету водного господарства та природокористування.  
– Рівне: НУВГП, 2020. С. 287-291.

39. Мартинюк М.О., Овчарук В.А. Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків в басейні Вісли в межах України з використанням супутникових даних і ГІС-технологій // Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 114-115. 978-966-186-001-7

40. Maksym Martyniuk, V.Ovcharuk. Study of the influence of zonal and azonal factors on the maximum floods runoff in the Vistula basin (within Ukraine). Earth system changes and Baltic Sea coasts. 3 rd Baltic Earth Conference, Jastarnia, Hel Peninsula, Poland, 1-5 June 2020. International Baltic Earth Secretariat Publication No. 18, June 2020. p.76. 2198-4247

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Атлас України / кер. проекту Л. Г. Руденко, В. С. Чабанюк, А. І. Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999-2000. UPL: <http://www.isgeo.kiev.ua>

2. Valeriya Ovcharuk, Eugene Gopchenko, Nataliya Kichuk, Zhannetta Shakirzanova, Liliia Kushchenko and Mariia Myroschnichenko. Extreme hydrological phenomena in the forest steppe and steppe zones of Ukraine under the climate change / Published by Copernicus Publications on behalf of the International Association of Hydrological Sciences. IAHS, 383, 229–235, 2020. <https://doi.org/10.5194/piahs-383-229-2020>

3. Кущенко Л.В., Гопцій М.В., Тодорова О.І., Прокоф'єв О.М. Гідролого-генетичний аналіз часових рядів мінімального стоку річок в зоні недостатньої водності України за сучасних кліматичних умов // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. – №3(54). 51 – 53 с.

4. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1964. 221 с.
5. *Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення Київ, 2006. 240 с.*
6. Кущенко Л.В., Овчарук В.А. Порівняльний аналіз статистичних характеристик мінімального стоку річок в зоні недостатньої водності України //Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету (25-29 травня 2020 р.). Одеса: ОДЕКУ. 2020. 121-122 с.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447с
8. Гребінь В. В, Мокін В. Б., Стащук В. А., Хільчевський В. К., Яцюк М. В., Чунарьов О. В., Крижановський Є. М., Бабчук В. С., Ярошевич О.Є. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013, 55 с.

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Гребень В.В. Сучасний водний режим річок України (Ландшафтно-гідрологічний аналіз) Київ: Ника центр.2010.315с.
2. Гопченко Є.Д Овчарук В.А., Лобода Н.С Гідрологічні Розрахунки. Одеса:ТЕС, 2014.483с.
3. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации Ленинград: Гидрометеиздат, 1989г. 303с.
4. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. Одесса: Издание ОГЭКУ.2005.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. т. 6, вып. 2. 655 с.

6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 448 с.

7. Шакірманова Ж.Р., Бурлуцька М.Е. Гідрологічні розрахунки і прогнози: Конспект лекцій. Одеса: Видавництво ОДЕКУ. 2016. 158 с.

8. Бурлуцька М. Е., Романчук М. Є., Кривопапов І. А. Статистичний аналіз та визначення циклічності часових рядів річного стоку басейнів річок Стир, Горинь, Случ // Матеріали тез доповідей VII Международной научно-практической конференции «EURASIAN SCIENTIFIC CONGRESS», 12-14 июля 2020 года Барселона, Испания С.219-224.

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДО РОЗДІЛУ 5

1. *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.

2. Рудика А. М., Докус А.О. Основні вимоги і положення ВРД ЄС в управлінні водними ресурсами басейну Дніпра. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Мат. V Міжнародної наукової конференції молодих вчених (29-30 листопада 2017 р., м. Харків). Комп'ютерне верстання: Баскакова Л. В., 2017. С. 112-113.

3. Родевич В.М. К вопросу классификации рек. Изв. ГГИ, №35, 1931. С. 22-35.

4. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 476 с.

5. Швєбс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: Навчальнодовідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.

6. О составлении водного кадастра Союза ССР: постановление Совнаркома СССР от 10.02.1933 г. № 186 // Собрание Законов и распоряжений Рабоче-Крестьянского Правительства СССР. 1933. № 12. 70 с.
7. Определение расчётных гидрологических характеристик СНиП 2.01.14-83. Москва: Гос. комитет СССР по делам строительства. 1983. 97 с.
8. *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.
9. *Водний кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР // Відом. Верхов. Ради України. 1995. № 24. 189 с.*
10. *Водна Рамкова Директива Європейського Союзу 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.*
11. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.
12. Методика гидрографического районирования территории Российской Федерации. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Приказ от 25 апреля 2007 года №112. [электронный ресурс] <http://base.garant.ru/12153715/>.
13. Манукало В.О. Мережа гідрологічних спостережень у басейні річки Південний Буг: історія розвитку, сучасний стан та можливості. Наук. праці УкрНДГМІ, 2012, Вип. 263. С.165-181.
14. Докус А.О., Шакірзанова Ж.Р. Гідрометеорологічна мережа спостережень та вивченість території у межах річкового басейну Південного Бугу. Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення: Мат: III міжнародної наукової конференції молодих вчених (21-23 березня 2018 р., Одеса). С. 89-90.
15. Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168). Пятое изд. 1994. 844 с.



16. Шакірзанова Ж.Р., Казакова А.О. Гідрометеорологічні чинники і характеристики весняних водопіль в басейні р. Південний Буг в сучасних кліматичних умовах. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2015. Вип. 20. С. 100-107.
17. Докус А.О. Дослідження часових рядів характеристик весняного стоку в басейні р. Південний Буг // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса, 2-8 травня 2018. С. 63-64.
18. Казакова А.О. Основні гідрометеорологічні чинники весняного водопілля в басейні р. Південний Буг в сучасних кліматичних умовах // Матеріали XV наукової конференції молодих вчених. Одеса, 2016. С. 69-70.
19. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 450 с.
20. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник // Одеса: ТЕС, 2014: 484.
21. Докус А.О., Шакірзанова Ж.Р. Часові тенденції у гідрологічному режимі весняного водопілля річок Північно-західного Причорномор'я. Всеукраїнська науково-практична конференція «Річки та лимани Причорномор'я на початку ХХІ сторіччя», м. Одеса, 17-18 жовтня 2019 р. Одеса: ТЕС, 2019. С. 73-75.
22. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірзанова Ж.Р. Зміни характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2012, №10. С. 133-142.
23. Горбачова Л.О., Барандіч С.Л. Просторово-часова мінливість максимального стоку води весняного водопілля та паводків змішаного походження річок України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2016. Вип. 269. С. 107-114.
24. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Гопцій М.В., Тодорова О.І. Статистичні параметри часових рядів максимального стоку весняного водопілля в басейні Дніпра в умовах мінливості клімату. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2018. № 4 (51). С. 47-55.

25. Гребінь В.В., Ободовський О.Г., Жовнір В.В., Мудра К.В., Почасвець О.О. Оцінювання однорідності рядів стокових характеристик річок районів річкових басейнів та суббасейнів України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 1 (52). С. 36-50.
26. Докус А.О. Сучасний стан гідрологічного районування за умовами формування річкового стоку. Матеріали II-го Всеукраїнського Пленеру з питань природничих наук. Одеса, 26-28 липня 2018. С.63-64.
27. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Ленинград: Гидрометеиздат, 1962. 550 с.
28. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. Одесса: Издательство «Астропринт», 2005. 208 с.
29. Мельник С.В., Лобода Н.С. Районирование бассейна Верхнего Днестра по характеру колебаний годового стока на основе кластерного анализа. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 6. С. 180-189.
30. Сербов Н.Г., Кирияк С.Г. Застосування методів багатовимірного статистичного аналізу до гідрологічного районування (на прикладі річок рівнинної території України). *Вісник Одеського державного екологічного університету*. Одеса, 2010. №9. С. 152-158.
31. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
32. Горбачова Л.О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. *Український географічний журнал*, 2015, № 3. С. 16-23.
33. Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф. Гідрологічне районування території України за умовами формування річного стоку води на основі кривих Ендрюса. *Український географічний журнал*. 2016. № 3. С. 27-33.
34. Овчарук В.А. Максимальний стік весняного водопілля річок України: розрахункові моделі та їх реалізація: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук за спеціальністю 11.00.07, Одеса, 2018. 384 с.

35. Чорноморець Ю.О. Районування території Українських Карпат за умовами формування стоку води. *Вісник КНУ ім. Т. Шевченка*. 2005. Вип.51. С. 52-54.
36. Лоули Д., Масквелл А. Факторный анализ как статистический метод. Москва: Мир. 1967. 144 с.
37. Иберла К. Факторный анализ: Пер. с англ. Москва: Статистика, 1980. 397 с.
38. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. Пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. Финансы и статистика, 1989, 215 с.
39. Школьный Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник, Київ: Міносвіти України, 1999. 538 с.
40. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах: Навчальний посібник. Одеса, Екологія, 2010. с.184.
41. Ромакін В.В. Комп'ютерний аналіз даних: Навчальний посібник. Миколаїв: Видавництво МДГУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.
42. Дубровская Л.И., Князев Г. Б. Компьютерная обработка естественно-научных данных методами многомерной прикладной статистики: Учебное пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2011, 120 с.
43. Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р. Территориальное долгосрочное прогнозирование максимальных расходов воды весеннего половодья: Учебное пособие. Киев: КНТ, 2005. 240 с.
44. Шакирзанова Ж.Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України, Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. 252 с.
45. Newell F. H. Results of steams measurements. «XIV Ann. Report of the Un. St. Geological Servey», 1892-93, p. 2.
46. Докучаев В.В. Учение о зонах природы. Москва: АН СССР, 1948. 63 с.

47. Лебедев П.Н. О нормах стока, в книге: *Труды Первого Всероссийского гидрологического съезда*, Ленинград, 1925.
48. Кочерин Д.И. Вопросы инженерной гидрологии. Ленинград: Энергоиздат, 1932. 208 с.
49. Глушков В.Г. Географо-гидрологический метод. *Изв. ГГИ*, 1933. № 57-58. С. 5-10.
50. Зайков Б.Д. Белинков С.Ю. Средний многолетний сток СССР. *Труды ГГИ*. Выпуск 2, 1937.
51. Львович М.И. Элементы водного режима рек земного шара, Свердловск. Москва, 1945 (*Труды науч.-исследовательских учреждений ГУ ГМС СССР*. Серия 4, в. 18).
52. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. *Труды НИУ ГУГМС*, 1946. сер.4. Выпуск 24. 147 с.
53. Троицкий В. А. Гидрологическое районирование СССР. Москва: Ленинград, 1948.
54. Тихоцкий К. Г. Методы картографирования пространственного распределения среднего стока, «Изв. Забайкальского филиала Географического общества СССР», 1968, т. 4, в. 2.
55. Физико-географический атлас мира. Москва: Академия наук СССР и главное управление геодезии и картографии ГК СССР, 1964. 298 с.
56. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1960. 455 с.
57. Синайская Т.М., Швейкин Ю.В. Асинхронность стока и водные ресурсы основных рек районов орошения УССР. *Труды УкрНИГМИ*. 1971. Выпуск 71. С. 124-136.
58. Вершинина Л.К., О.И. Крестовский, Калюжный И.Л., Павлова К.К. Оценка потерь талых вод и прогнозы объема стока половодья. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 189 с.
59. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока. Москва: Издательство МГУ. 1993. 168 с.

60. Ободовский А.Г. Руслоформирующие расходы воды рек равнинной части Украины: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук: 11.00.07 / МГУ им. М. В. Ломоносова. Геогр. фак. Киев, 1987. 195 с.
61. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. (+CD). СПб., Питер, 2003. 688 с.
62. Докус А.О. Районування басейну Південного Бугу за умовами формування весняного водопілля річок. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології)». м. Київ, 2-4 жовтня 2019 р. С. 42-44.
63. Географические карты Украины. [Электронный ресурс] <http://geomap.land.kiev.ua/>.
64. Атлас України. Інститут географії Національної академії наук України, 1999-2000, [електронний ресурс] <https://atlas.igu.org.ua/>.
65. Атлас: географія України [CD-розробок]. Інститут передових технологій, 2004.
66. 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.
67. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. Москва. 2003 г.
68. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. (+CD). СПб., Питер, 2003. 688 с.
69. Дискриминантний аналіз // SPSS. Base 7.5 для Windows: Руководство пользователя. Москва: Статис, 1997.
70. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 419 с.

71. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 390 с.
72. Вершинина Л.К., О.И. Крестовский, Калюжный И.Л., Павлова К.К. Оценка потерь талых вод и прогнозы объема стока половодья. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 189 с.
73. Комаров В.Д. Весенний сток равнинных рек Европейской части СССР, условия его формирования и методы прогнозов. Москва: Гидрометеиздат, 1959. 295 с.
74. Попов Е.Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. Ленинград: Гидрометеиздат, 1963. 395 с.
75. Рахманов В.В. Влияние лесов на формирование снежных запасов / Метеорология и гидрология. 1956. №11. С.21-28.
76. Салазанов В.В. Весенний сток рек бассейна Верхнего Днепра. Ленинград: Гидрометеиздат. 1964. 141 с.
77. Пашова Л.Т. Расчет средних в бассейне снегозапасов с учетом снегонакопления в лесу // Тр. УкрНИГМИ. 1965. Вып. 51. С. 53-58.
78. Крыжановская А.Б. О неравномерности снегозалегаия и ее учете при определении снегозапасов. Труды УкрНИГМИ. 1965. Вып. 51. С.47-52.
79. Грун П.В., Сироткин Ю.Д. Формирование снежного покрова в сосновых лесах разной густоты. Сб. работ гидрометцентров Белорусского УГКС и Литовского УГКС. 1985. Вып. 1. С. 50-56.
80. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Траскова А.В. Влияние типов подстилающей поверхности на величину максимальных снегозапасов к началу весеннего половодья (на примере бассейна р. Днестр) / *Актуальные вопросы аграрной науки*. Иркутск, 2014. Выпуск. 13. С. 30-37.
81. Казакова А.О. Основні гідрометеорологічні чинники весняного водопілля в басейні р. Південний Буг в сучасних кліматичних умовах // *Матеріали XV наукової конференції молодих вчених*. Одеса, 2016. С. 69-70.

82. Докус А.О., Овчарук В. А., Шакірманова Ж. Р. Визначення середньобагаторічних величин максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Південний Буг. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2019, № 24. С. 49-63. doi:10.31481/uhmj.24.2019.05.

83. Методичні вказівки до чергувань з дисципліни «Гідрологічні прогнози» по темі: «Керівництво роботи з автоматизованим робочим місцем гідролога-прогнозіста АРМ-гідро» для студентів IV-V курсів денної форми навчання за спеціальністю «Гідрологія»./ Шакірманова Ж.Р., Бойко В.М., Погорелова М.П., Будкіна І.Є., Арестова О.В. Одеса, ОДЕКУ, 2012. 58 с.

84. Георгиевский Ю.М. Краткосрочный гидрогические прогнози. Учебное пособие. Москва, Изд. ЛПИ, 1982, 100б

85. Попов Е.Г. Гидрологические прогнози. Ленинград: Гидрометеиздат, 1957. 450 с.

86. Наставление по службе прогнозов. Вып.3, ч.1,Л.: Гидрометеиздат. 1962. 194 с.

87. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування / Керівний документ. Київ.: Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.

88. Руководство по гидрологическим прогнозам. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. Ленинград: Гидрометеиздат. Вып. 2.1989. 246 с.

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Кулібабін О.Г., Шакірманова Ж.Р., Романова Є.О. Еколого – економічні проблеми раціонального використання природних ресурсів Придунайських озер (на прикладі озера Катлабух). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Т.2. 2017. С. 61-67.

2. Романова Є.О., Шакірзанова Ж.Р., Гопченко Є.Д., Медведєва Ю.С. Водний та сольовий баланси озера Катлабух за різних умов експлуатації водойми // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 4(55). С. 23-40.
3. Гидрология дельты Дуная / под. ред. В.Н. Михайлова. Москва: ГЕОС, 2004. 448 с.
4. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима. Том 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. *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.
6. Правила експлуатації озера Катлабух / Південний науковий центр академії АН України. Регіональний науковий центр з водних проблем «Фобіус». Одеса, 2000. 74 с.
7. Коригування правил експлуатації Придунайського водосховища Саф'ян / Регіональний науковий центр з водних проблем «Фобіус». Одеса, 2000.
8. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
9. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. Санкт-Петербург, 2010. 162 с.
10. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: Підручник. Одеськ. держ. еколог. ун-т, Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6 «Украина и Молдавия», выпуск 1, Гидрометеиздат, Ленинград, 1978. 490 с.



12. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы Северо-Западного Причерноморья (в естественных и нарушенных антропогенной деятельностью условиях): монография. Київ: КНТ, 2005. 192 с.
13. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: монография. Одеса: Экология, 2005. 208 с.
14. 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.
15. Общие сведения о реке Дунай / Дунайская комиссия. URL: [http://www.danubecommission.org/index.php/ru\\_RU/danube](http://www.danubecommission.org/index.php/ru_RU/danube)
16. Гидрологический справочник реки Дунай 1921-2010 / Дунайская комиссия. Будапешт. 2018. URL: [http://www.danubecommission.org/uploads/doc/publication/2018/spravocnik\\_1921\\_2010.pdf](http://www.danubecommission.org/uploads/doc/publication/2018/spravocnik_1921_2010.pdf)
17. Pekárová, P., Miklánek, P. (eds.), 2019. *Flood regime of rivers in the Danube River basin*. Follow-up volume IX of the Regional Co-operation of the Danube Countries in IHP UNESCO. IH SAS, Bratislava, 215 p. + 527 p. app., DOI: 10.31577/2019.9788089139460.
18. Щербак А.В. Осенне-зимний ледовый режим советского участка р. Дуная. *Труды УкрНИГМИ*. 1970. Выпуск 97. С. 70-83.
19. 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.
20. Yelyzaveta Romanova, Zhannetta Shakirzanova, Valeriya Ovcharuk, Olena Todorova, Iuliia Medvedieva, Andrii Ivanchenko. 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 //

*Energetika*. 2019. Т. 65. Nr. 2-3. P. 144-160. DOI: <https://doi.org/10.6001/energetika.v65i2-3.4108>

21. Христюк Б.Ф. Методика класифікації гідрографів річок за критеріями аналогічності. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Т. 3 (30). 2013. С. 15-20.

22. Best J., 2019, Anthropogenic stresses on the world's big rivers, *Nature Geoscience* volume 12. Pp. 7–21. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0262-x>

23. Stagl Judith C. and Hattermann Fred F., 2015, Impacts of Climate Change on the Hydrological Regime of the Danube River and Its Tributaries Using an Ensemble of Climate Scenarios. *Water*, 7. Pp. 6139-6172. [doi:10.3390/w7116139](https://doi.org/10.3390/w7116139)

24. Bisselink B., Bernhard J., Gelati E., Adamovic M., Jacobs C., Mentaschi L., Lavallo C. and De Roo A., 2018, Impact of a changing climate, land use, and water usage on water resources in the Danube river basin, EUR 29228 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, , ISBN 978-92-7985889-5, JRC111817, Pp.3-70. [doi:10.2760/89828](https://doi.org/10.2760/89828)

25. Лобода Н. С., Божок Ю. В., Оцінка змін водних ресурсів річки Дунай у XXI сторіччі за сценарієм А1В з використанням моделі “клімат-стік”, *Український гідрометеорологічний журнал*, 2016, № 18, С.112-122.

26. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ланшафтно-гідрологічний аналіз): монографія. Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.

27. Gorbachova L., Khrystyuk B. Hydro-genetic methods of the analysis of the average annual runoff in the Danube basin // Proceeding XXVI conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Bridging the sciences – crossing borders: 22-24 September 2014, Deggendorf, Germany // In. Dorner W, Marquardt A., Schroder U. (eds). 2014. P. 71-74.

28. Горбачова Л.О. Методичні підходи щодо оцінки однорідності та стаціонарності гідрологічних рядів спостережень // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т. 1(32). С. 22-31.

29. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення: Вид. офіційне. Київ: Твій формат, 2006. 240 с.
30. Danube delta <https://whc.unesco.org/en/list/588/>
31. Швебс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України. Навчально-довідковий посібник. Одеса, «Астропринт», 2003. 390 с.
32. Річний звіт Дунайського РОВР з питань управління водними ресурсами басейну нижнього Дунаю. 2018 р.
33. Осадча Н.М., Клебанова Н.С., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б. Адаптація системи моніторингу поверхневих вод державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень водно рамкової директиви ЄС. *Наукові праці Укр.НДГМІ*, Вип.257, С 146–160.
34. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії: підручник / 2012, Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.
35. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод. / В.І.Осадчий та ін. Київ: Ніка-Центр, 2013. 240 с
36. Гопченко Е.Д., Кузниченко С.Д., Белаш Ю.С. Многолетняя изменчивость минерализации воды в дельтовой части Дуная // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2006. Т. 11. С. 219 - 224.
37. Кічук Н.С., Шакірзанова Ж.Р., Медведєва Ю.С., Курілова І.В. Формування гідрохімічного режиму та оцінка якості води у Придунайських озерах // *Наук. збірник «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія»*. Том 3(42). 2016. С.56-63.
38. Ovcharuk, V., Daus, M., Kichuk, N., Myroshnychenko, M., & Daus, Y. The analysis of time series of river water mineralization in the Dnipro basin with the use of theoretical laws of random variables distribution. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(1), 2020. С. 166-175. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112015>
- 39.URL. [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=32742](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=32742)
- 40.URL. <https://dbuvr.at.ua/index/0-12>

41. URL. [http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna\\_karakteristika\\_vodnogo\\_fondu\\_izmajilskogo\\_rajonu/1-0-9](http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna_karakteristika_vodnogo_fondu_izmajilskogo_rajonu/1-0-9)
42. URL. [http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna\\_karakteristika\\_ta\\_linijna\\_skhema\\_r\\_katlabukh\\_izmajilskogo\\_rajonu/2017-12-13-362](http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna_karakteristika_ta_linijna_skhema_r_katlabukh_izmajilskogo_rajonu/2017-12-13-362)
43. URL. <https://www.wikiwand.com/uk/%D0%84%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0>
44. URL. [http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna\\_karakteristika\\_ta\\_linijna\\_skhema\\_r\\_enika\\_izmajilskogo\\_rajonu/2017-12-13-363](http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna_karakteristika_ta_linijna_skhema_r_enika_izmajilskogo_rajonu/2017-12-13-363)
45. URL. <https://www.wikiwand.com/uk/%D0%A2%D0%B0%D1%88%D0%B1%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%80>
46. [http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna\\_karakteristika\\_ta\\_linijna\\_skhema\\_r\\_tashbunar\\_izmajilskogo\\_rajonu/2017-12-13-364](http://izmailvodhoz.ucoz.ua/news/zagalna_karakteristika_ta_linijna_skhema_r_tashbunar_izmajilskogo_rajonu/2017-12-13-364)
47. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. /В.Д.Романенко, В.М.Жукинський, О.П.Оксюк та ін. Київ : СИМВОЛ-Т, 1998. 28с.
48. URL. <https://www.ecoanaliz.ru/glossary/10-alph-01/114-azot.html>
49. Маджд С.М. Франчук Г.М., Тимошенко М.М. Екологічна оцінка якості поверхневих і ґрунтових вод у районі ремонту та експлуатації авіаційної техніки // *Екологічна безпека та природокористування*. 2012. С.116–122.
50. Мирон І. В. Використання та якість води річки Десни в межах Чернігівської області // *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2003. Вип. 251. С.150–155.
51. Суходольська І.Л., Грюк І.Б. Зміни вмісту сполук нітрогену у воді малих річок Рівненщини навесні. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту*. Сер. Біол., 2012, № 4 (53). С.87-91 URL. <http://journal.chem-bio.com.ua/archive/archive-2/category/6-4-53?download=82:zminy-vmistu-spoluk-nitrohenu-u-vodi-malykh-richok-rivnenshchyny-navesni>

## Додатки

## Додаток А

Таблиця А.1 - Результати оцінки максимальних витрат води весняного водопілля на території Причорноморської низовини

№ п/п	Річка - пост	n	R(I)	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Висновок
					F	F <sub>кр</sub>		t	t <sub>кр</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	р. Південний Буг – с. Підгір'я	76	0,00	1	6,195	2,544	не однорідний	4,257	2,654	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	6,195	2,020	не однорідний	4,257	1,998	не однорідний	не однорідний	не однорідний
2	р. Південний Буг – смт Олександрівка	102	0,00	1	4,022	2,142	не однорідний	3,027	2,626	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	4,022	1,784	не однорідний	3,027	1,985	не однорідний	не однорідний	не однорідний
3	р. Кодима – с. Обжила.	43	0,00	1	1,483	3,684	<b>однорідний</b>	0,879	2,722	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	1,483	2,622	<b>однорідний</b>	0,879	2,030	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
4	р. Кодима – с. Катеринка	81	0,00	1	25,04	2,445	не однорідний	2,272	2,647	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	25,04	1,963	не однорідний	2,272	1,995	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
5	р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка	81	0,00	1	5,039	2,445	не однорідний	3,823	2,647	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	5,039	1,963	не однорідний	3,823	1,995	не однорідний	не однорідний	не однорідний
6	р. Синюха – с. Синюхин Брід	88	0,00	1	2,372	2,347	не однорідний	3,666	2,640	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	2,372	1,905	не однорідний	3,666	1,991	не однорідний	не однорідний	не однорідний
7	р. Савранка – с. Осички	76	0,00	1	7,955	2,544	не однорідний	2,740	2,654	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	7,955	9,020	не однорідний	2,740	1,998	не однорідний	не однорідний	не однорідний
8	р. Чичиклія – с. Василівка.	36	0,00	1	6,566	4,636	не однорідний	2,357	2,774	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	6,566	3,091	не однорідний	2,357	2,054	не однорідний	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
9	р. Гнилий Єланець – с. Женево - Криворіжжя	41	0,00	1	1,396	3,922	<b>однорідний</b>	0,097	2,735	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	1,396	2,739	<b>однорідний</b>	0,097	2,036	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
10	р. Інгул – м. Кіровоград	65	0,00	1	3,018	2,708	не однорідний	3,657	2,665	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	3,018	2,116	не однорідний	3,657	2,003	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
11	р. Інгул – с. Седнівка	62	0,00	1	5,686	2,773	не однорідний	2,805	2,670	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	5,686	2,155	не однорідний	2,805	2,006	не однорідний	не однорідний	не однорідний
12	р. Інгул – с. Новогорожене	82	0,00	1	5,717	2,445	не однорідний	4,418	2,647	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	5,717	1,963	не однорідний	4,418	1,995	не однорідний	не однорідний	не однорідний
13	р. Громоклія – с. Михайлівка	43	0,00	1	2,703	3,684	<b>однорідний</b>	0,625	2,722	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	2,703	2,622	<b>однорідний</b>	0,625	2,030	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
14	р. Тилігул – с. Новоукраїнка	33	0,00	1	2,994	4,874	<b>однорідний</b>	0,979	2,787	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	2,994	3,209	<b>однорідний</b>	0,979	2,059	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
15	р. Тилігул – с. Березівка	52	0,00	1	2,661	2,937	<b>однорідний</b>	2,319	2,681	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
				5	2,661	2,251	не однорідний	2,319	2,011	не однорідний	не однорідний	не однорідний
16	р. Інгулець – с. Олександро- Степанівка	72	0,00	1	7,897	2,609	не однорідний	3,703	2,658	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	7,897	2,059	не однорідний	3,703	2,000	не однорідний	не однорідний	не однорідний



Продовження табл. А.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
17	р. Інгулець – с. Іскрівка	50	0,00	1	5,296	2,970	не однорідний	2,615	2,683	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	5,296	2,270	не однорідний	2,615	2,012	не однорідний	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
18	р. Інгулець – м. Кривий Ріг	73	0,00	1	9,497	5,826	не однорідний	1,040	2,839	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	9,497	3,678	не однорідний	1,040	2,083	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
19	р. Базавлук – с. Катерино - Наталівка	35	0,00	1	2,663	4,636	<b>однорідний</b>	1,443	2,774	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	2,663	3,091	<b>однорідний</b>	1,443	2,054	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
20	р. Мокра Сура – смт Кринички	52	0,00	1	1,809	2,937	<b>однорідний</b>	2,205	2,681	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
				5	1,809	2,251	<b>однорідний</b>	2,205	2,011	не однорідний	не однорідний	не однорідний
21	р. Велика Тернівка – с. Богданівка	63	0,00	1	106,3	2,740	не однорідний	3,178	2,667	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	106,3	2,136	не однорідний	3,178	2,044	не однорідний	не однорідний	не однорідний
22	р. Вовча – смт Васильківка	83	0,00	1	7,814	2,412	не однорідний	2,281	2,645	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	7,814	1,994	не однорідний	2,281	1,994	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
23	р. Вовча – смт Покровське	18	0,00	1	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
24	р. Мала Терса – с. Троїцьке	58	0,00	1	6,545	2,839	не однорідний	1,743	2,674	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	6,545	2,193	не однорідний	1,743	2,008	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
25	р. Середня Терса – ж. Роздолля	28	0,00	1	3,783	5,588	<b>однорідний</b>	1,998	2,826	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	3,783	3,561	не однорідний	1,998	2,077	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
26	р. Гайчур – с. Андріївка	71	0,00	1	23,67	2,609	не однорідний	1,823	2,658	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	23,67	2,059	не однорідний	1,823	2,000	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
27	р. Кінська – м. Пологи	55	0,00	1	6,389	2,872	не однорідний	2,287	2,676	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
				5	6,389	2,212	не однорідний	2,287	2,009	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28	р. Молочна – с. Токмак	49	0,00	1	4,862	2,970	не однорідний	1,841	2,683	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
				5	4,862	2,270	не однорідний	1,841	2,012	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
29	р. Молочна – с. Терпіння	46	0,00	1	4,004	3,446	не однорідний	1,114	2,709	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	4,004	2,505	не однорідний	1,114	2,024	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
30	р. Лозуватка – с. Новоолексіївка	53	0,00	1	2,576	2,904	<b>однорідний</b>	1,862	2,679	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	2,576	2,232	не однорідний	1,862	2,010	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
31	р. Обитічна – с. Шевченко	35	0,00	1	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
32	р. Обитічна – м. Приморськ	66	0,00	1	1,977	2,708	<b>однорідний</b>	1,324	2,665	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
				5	1,997	2,116	<b>однорідний</b>	1,324	2,003	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
33	р. Кільтиця – с. Новотроїцьке	39	0,00	1	117,9	4,160	не однорідний	1,450	2,748	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
				5	117,9	2,857	не однорідний	1,450	2,042	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
34	р. Берда – с. Захарівка	51	0,00	1	25,53	2,937	не однорідний	2,467	2,681	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
				5	25,53	2,251	не однорідний	2,467	2,011	не однорідний	не однорідний	не однорідний
35	р. Берда – с. Осипенко	75	0,00	1	3,065	2,544	не однорідний	2,659	2,654	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	3,065	2,020	не однорідний	2,659	1,998	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Таблиця А.2 - Результати оцінки шарів стоку весняного водопілля на території Причорноморської низовини

№ п/ п	Річка - пост	n	R(I)	Рівень значу щості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уіллоксон а	Висновок
					F	F <sub>кр</sub>		t	t <sub>кр</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	р. Південний Буг – с. Підгір'я	76	0,00	1	4,299	2,544	не однорідни й	4,52 7	2,654	не однорідни й	не однорідни й	не однорідни й
				5	4,299	2,020	не однорідни й	4,52 7	1,998	не однорідни й	не однорідни й	не однорідни й
2	р. Південний Буг – с.мт Олександрівка	102	0,00	1	2,153	2,142	не однорідни й	3,44 6	2,626	не однорідни й	не однорідни й	не однорідни й
				5	2,153	1,794	не однорідни й	3,44 6	1,985	не однорідни й	не однорідни й	не однорідни й
3	р. Кодима – с. Обжила.	43	0,00	1	2,409	3,684	<b>однорідни й</b>	0,57 1	2,722	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>
				5	2,409	2,622	<b>однорідни й</b>	0,57 1	2,030	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>
4	р. Кодима – с. Катеринка	81	0,00	1	7,773	2,445	не однорідни й	1,96 5	2,647	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>
				5	7,773	1,963	не однорідни й	1,96 5	1,995	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>	<b>однорідни й</b>

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка	81	0,00	1	3,699	2,445	не однорідний	3,582	2,647	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	3,699	1,963	не однорідний	3,582	1,995	не однорідний	не однорідний	не однорідний
6	р. Синюха – с. Синюхин Брід	88	0,00	1	1,950	2,347	<b>однорідний</b>	4,224	2,640	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	1,950	1,905	не однорідний	4,224	1,991	не однорідний	не однорідний	не однорідний
7	р. Савранка – с. Осички	76	0,00	1	4,847	2,544	не однорідний	3,729	2,654	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	4,847	2,020	не однорідний	3,729	1,998	не однорідний	не однорідний	не однорідний
8	р. Чичиклія – с. Василівка.	36	0,00	1	3,245	4,636	<b>однорідний</b>	1,110	2,774	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	3,245	3,091	не однорідний	1,110	2,054	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
9	р. Гнилий Єланець – с. Женево - Криворіжжя	41	0,00	1	1,865	3,922	<b>однорідний</b>	0,332	2,735	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	1,865	2,739	<b>однорідний</b>	0,332	2,036	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
10	р. Інгул – м. Кіровоград	65	0,00	1	7,286	2,708	не однорідний	3,387	2,665	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	7,286	2,116	не однорідний	3,387	2,003	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
11	р. Інгул – с. Седнівка	62	0,00	1	3,397	2,773	не однорідний	1,988	2,670	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	3,397	2,155	не однорідний	1,988	2,006	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
12	р.Інгул–с.Новогоро жене	82	0,00	1	3,107	2,445	не однорідний	3,459	2,647	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	3,107	1,963	не однорідний	3,459	1,995	не однорідний	не однорідний	не однорідний
13	р. Громоклія – с. Михайлівка	43	0,00	1	1,375	3,684	<b>однорідний</b>	0,193	2,722	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	1,375	2,622	<b>однорідний</b>	0,193	2,030	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
14	р. Тилігул – с. Новоукраїнка	33	0,00	1	4,249	4,874	<b>однорідний</b>	1,280	2,787	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	4,249	3,209	не однорідний	1,280	2,059	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
15	р. Тилігул – с. Березівка	52	0,00	1	4,960	2,937	не однорідний	2,098	2,681	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	4,960	2,251	не однорідний	2,098	2,011	не однорідний	не однорідний	не однорідний
16	р. Інгулець – с. Олександро- Степанівка	72	0,00	1	1,318	2,904	<b>однорідний</b>	0,397	2,679	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	1,318	2,232	<b>однорідний</b>	0,397	2,010	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>

Продовження табл. А.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
17	р. Інгулець – с. Іскрівка	50	0,00	1	1,284	5,112	однорідний	0,125	2,800	однорідний	однорідний	однорідний
				5	1,284	3,326	однорідний	0,125	2,065	однорідний	однорідний	однорідний
18	р. Інгулець – м. Кривий Ріг	73	0,00	1	2,083	2,904	однорідний	1,451	2,679	однорідний	однорідний	однорідний
				5	2,083	2,232	однорідний	1,451	2,010	однорідний	однорідний	однорідний
19	р. Базавлук – с. Катерино - Наталівка	35	0,00	1	1,124	4,636	однорідний	0,475	2,774	однорідний	однорідний	однорідний
				5	1,124	3,091	не однорідний	0,475	2,054	однорідний	однорідний	однорідний
20	р. Мокра Сура – смт Кринички	52	0,00	1	3,813	2,037	не однорідний	2,002	2,681	однорідний	однорідний	однорідний
				5	3,813	2,251	не однорідний	2,002	2,011	однорідний	однорідний	однорідний
21	р. Велика Тернівка – с. Богданівка	63	0,00	1	14,64	2,740	не однорідний	2,082	2,667	однорідний	однорідний	однорідний
				5	14,64	2,136	не однорідний	2,082	2,004	не однорідний	однорідний	однорідний
22	р. Вовча – смт Васильківка	83	0,00	1	2,649	2,412	не однорідний	1,465	2,645	однорідний	однорідний	однорідний
				5	2,649	1,944	не однорідний	1,465	1,994	однорідний	однорідний	однорідний



Продовження табл. А.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
23	р. Вовча – смт Покровське	18	0,00	1	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
24	р. Мала Терса – с. Троїцьке	58	0,00	1	1,497	2,839	<b>однорідний</b>	0,904	2,674	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	1,497	2,193	<b>однорідний</b>	0,904	2,008	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
25	р. Середня Терса – ж. Роздолля	28	0,00	1	2,125	5,588	<b>однорідний</b>	0,894	2,826	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	2,125	3,561	<b>однорідний</b>	0,894	2,077	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
26	р. Гайчур – с. Андріївка	71	0,00	1	3,853	2,609	не однорідний	1,358	2,658	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	3,853	2,059	не однорідний	1,358	2,000	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
27	р. Кінська – м. Пологи	55	0,00	1	3,544	2,872	не однорідний	3,527	2,676	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	3,544	2,212	не однорідний	3,527	2,009	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
28	р. Молочна – с. Токмак	49	0,00	1	4,470	2,970	не однорідний	1,452	2,683	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	4,470	2,270	не однорідний	1,452	2,012	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
29	р. Молочна – с. Терпіння	46	0,00	1	3,046	3,446	<b>однорідний</b>	1,610	2,709	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	3,046	2,505	не однорідний	1,610	2,024	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
30	р. Лозуватка – с. Новоолексіївка	53	0,00	1	6,716	2,904	не однорідний	1,947	2,679	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	6,716	2,232	не однорідний	1,947	2,010	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний
31	р. Обитічна – с. Шевченко	35	0,00	1	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	0,00	0,00	не однорідний	0,00	0,00	не однорідний	не однорідний	не однорідний
32	р. Обитічна – м. Приморськ	66	0,00	1	3,297	2,708	не однорідний	1,618	2,665	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>	<b>однорідний</b>
				5	3,297	2,116	не однорідний	1,618	2,003	<b>однорідний</b>	не однорідний	не однорідний

Продовження табл. А.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
33	р. Кільтичя – с. Новотроїцьке	39	0,00	1	18,03	4,160	не однорідний	1,284	2,748	однорідний	однорідний	однорідний
				5	18,03	2,857	не однорідний	1,284	2,042	однорідний	однорідний	однорідний
34	р. Берда – с. Захарівка	51	0,00	1	3,892	2,937	не однорідний	2,717	2,681	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	3,892	2,251	не однорідний	2,717	2,011	не однорідний	не однорідний	не однорідний
35	р. Берда – с. Осипенко	75	0,00	1	9,017	2,544	не однорідний	3,668	2,654	не однорідний	не однорідний	не однорідний
				5	9,017	2,020	не однорідний	3,668	1,998	не однорідний	не однорідний	не однорідний

Таблиця А.3 – Статистична обробка максимальних витрат води весняного водопілля на території Причорноморської низовини

№ п/п	Річка - пост	$Q_{cp}, m^3/c$	Метод моментів				М-д найб.правдоподібності			Тривалість спостережень <i>n</i>
			$C_v$	$C_s$	$R(I)$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
1	р. Південний Буг – с. Підгір'я	403,18	1,07	2,55	0,23	2,4	1,08	3,12	2,9	76
2	р. Південний Буг – смт Олександрівка	736,92	1,15	2,90	0,14	2,5	1,19	3,49	2,9	102
3	р. Кодима – с. Обжила.	2,31	1,26	2,49	-0,02	2,0	1,29	3,43	2,7	43
4	р. Кодима – с. Катеринка	31,22	2,29	4,95	0,25	2,2	2,40	7,49	3,1	81
5	р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка	92,40	1,40	2,04	0,34	1,5	1,44	2,39	1,7	81
6	р. Синюха – с. Синюхин Брід	355,01	1,27	2,13	0,19	1,7	1,30	2,44	1,9	88
7	р. Савранка – с. Осички	21,09	1,60	4,85	0,19	3,0	1,74	7,40	4,3	76
8	р. Чичиклія – с. Василівка	10,11	1,14	1,64	0,30	1,4	1,19	2,13	1,8	36
9	р. Гнилий Єланець – с. Женево - Криворіжжя	60,31	1,50	2,08	0,06	1,4	1,56	2,71	1,7	41
10	р. Інгул – м. Кіровоград	35,39	1,41	1,89	0,31	1,3	1,46	2,27	1,6	65
11	р. Інгул – с. Седнівка	105,09	1,52	2,35	0,22	1,5	1,57	2,92	1,9	62
12	р. Інгул – с. Новогорожене	160,48	1,32	1,66	0,37	1,3	1,35	1,88	1,4	82
13	р. Громоклія – с. Михайлівка	23,61	1,14	1,43	0,11	1,5	1,17	1,67	1,4	43
14	р. Тилігул – с. Новоукраїнка	9,84	1,21	2,27	-0,06	1,9	1,26	3,24	2,6	33
15	р. Тилігул – с. Березівка	13,67	1,46	2,04	0,03	1,4	1,51	2,52	1,7	52

Продовження табл. А.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
16	р. Інгулець – с. Олександро - Степанівка	60,74	1,15	1,97	0,35	1,7	1,18	2,34	2,0	72
17	р. Інгулець – с. Іскрівка	137,30	1,08	1,52	0,44	1,4	1,11	1,81	1,6	50
18	р. Інгулець – м. Кривий Ріг	134,75	1,38	2,24	0,29	1,6	1,41	2,67	1,9	73
19	р. Базавлук – с. Катерино - Наталівка	25,19	1,31	2,06	0,05	1,6	1,36	2,79	2,0	35
20	р. Мокра Сура – смт Кринички	12,37	1,62	2,31	0,17	1,4	1,68	2,96	1,8	52
21	р. Велика Тернівка – с. Богданівка	22,94	1,85	3,06	0,34	1,7	1,94	4,21	2,2	63
22	р. Вовча – смт Васильківка	167,46	1,89	4,37	0,18	2,3	1,95	6,24	3,2	83
23	р. Вовча – смт Покровське	61,02	1,22	1,40	0,05	1,1	1,30	1,97	1,5	18
24	р. Мала Терса – с. Троїцьке	10,38	1,94	3,98	0,47	2,0	2,05	6,20	3,0	58
25	р. Середня Терса – ж. Роздолля	19,19	1,30	1,58	-0,03	1,2	1,37	2,06	1,5	28
26	р. Гайчур – с. Андріївка	31,87	2,61	4,93	0,17	1,9	2,78	7,75	2,8	71
27	р. Кінська – м. Пологи	5,45	1,68	3,07	0,38	1,8	1,76	4,38	2,5	55
28	р. Молочна – с. Токмак	13,84	1,93	3,02	0,33	1,6	2,03	4,31	2,1	49
29	р. Молочна – с. Терпіння	22,59	2,27	4,49	0,10	2,0	2,43	7,86	3,2	46
30	р. Лозуватка – с. Новоолексіївка	9,01	1,57	2,12	0,22	1,3	1,63	2,63	1,6	53
31	р. Обитічна – с. Шевченко	12,13	1,65	3,16	0,01	1,9	1,75	5,14	2,9	35
32	р. Обитічна – м. Приморськ	28,53	2,32	4,10	0,11	1,8	2,44	6,08	2,5	66
33	р. Кільтичя – с. Новотроїцьке	9,34	3,01	6,06	0,13	2,0	3,36	13,42	4,0	40
34	р. Берда – с. Захарівка	22,10	1,89	3,62	0,15	1,9	1,98	5,54	2,8	50
35	р. Берда – с. Осипенко	34,07	1,54	2,13	-0,04	1,4	1,58	2,50	1,6	75

Таблиця А.4 – Статистична обробка шарів стоку весняного водопілля на території Причорноморської низовини

№ п/п	Річка - пост	$Y_{cp}, мм$	Метод моментів				М-д найб.правдоподібності			Тривалість спостережень $n$
			$C_v$	$C_s$	$R(I)$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
1	р. Південний Буг – с. Підгір'я	26,53	0,69	1,39	0,39	2,0	0,70	1,55	2,2	76
2	р. Південний Буг – с-т Олександрівка	26,42	0,68	1,23	0,24	1,8	0,68	1,28	1,9	102
3	р. Кодима – с. Обжила.	12,33	0,78	2,91	-0,04	3,7	0,84	4,26	5,0	43
4	р. Кодима – с. Катеринка	13,16	1,23	4,08	0,24	3,3	1,29	5,72	4,4	81
5	р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка	23,74	1,04	1,75	0,21	1,7	1,05	1,95	1,9	81
6	р. Синюха – с. Синюхин Брід	24,35	0,86	1,41	0,18	1,6	0,87	1,51	1,7	88
7	р. Савранка – с. Осички	16,95	0,89	2,18	0,38	2,4	0,90	2,62	2,9	76
8	р. Чичиклія – с. Василівка	13,17	1,19	2,12	0,45	1,8	1,24	2,98	2,4	36
9	р. Гнилий Єланець – с. Женево - Криворіжжя	19,27	1,15	1,48	0,06	1,3	1,18	1,75	1,5	41
10	р. Інгул – м. Кіровоград	19,23	1,20	2,65	0,15	2,2	1,22	3,38	2,8	65
11	р. Інгул – с. Седнівка	16,66	0,99	1,72	0,04	1,7	1,01	1,98	2,0	62
12	р. Інгул – с. Новогорожене	19,95	1,10	1,65	0,24	1,5	1,11	1,83	1,6	82
13	р. Громоклія – с. Михайлівка	10,91	1,10	2,39	0,10	2,2	1,13	3,25	2,9	43
14	р. Тилігул – с. Новоукраїнка	10,71	0,94	2,24	0,05	2,4	0,96	3,19	3,3	33
15	р. Тилігул – с. Березівка	5,80	1,40	2,92	0,01	2,1	1,44	4,04	2,8	52

Продовження табл. А.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
16	р. Інгулець – с. Олександро - Степанівка	32,86	0,85	0,87	0,32	1,0	0,87	0,96	1,1	53
17	р. Інгулець – с. Іскрівка	18,09	1,07	1,53	0,05	1,4	1,10	1,93	1,8	31
18	р. Інгулець – м. Кривий Ріг	19,43	1,16	1,45	0,24	1,2	1,19	1,64	1,4	54
19	р. Базавлук – с. Катерино - Наталівка	10,96	1,10	1,59	-0,13	1,5	1,13	1,99	1,8	35
20	р. Мокра Сура – смт Кринички	10,84	1,18	2,15	0,09	1,8	1,21	2,71	2,2	51
21	р. Велика Тернівка – с. Богданівка	18,03	1,14	3,56	0,26	3,1	1,20	5,06	4,2	63
22	р. Вовча – смт Васильківка	14,27	1,10	2,17	0,27	2,0	1,12	2,52	2,3	83
23	р. Вовча – смт Покровське	9,49	0,99	1,28	-0,06	1,3	1,03	1,75	1,7	18
24	р. Мала Терса – с. Троїцьке	13,03	1,11	1,66	0,21	1,5	1,13	1,91	1,7	58
25	р. Середня Терса – ж. Роздолля	18,27	1,07	1,33	-0,02	1,2	1,11	1,65	1,5	28
26	р. Гайчур – с. Андріївка	10,94	1,38	2,83	0,13	2,0	1,42	3,61	2,6	71
27	р. Кінська – м. Пологи	12,39	0,78	2,27	0,37	2,9	0,82	2,95	3,6	55
28	р. Молочна – с. Токмак	9,23	1,14	2,95	0,24	2,6	1,22	4,17	3,4	49
29	р. Молочна – с. Терпіння	7,29	1,24	2,52	0,19	2,0	1,27	3,43	2,7	46
30	р. Лозуватка – с. Новоолексіївка	10,47	1,26	3,40	0,28	2,7	1,36	4,98	3,7	52
31	р. Обитічна – с. Шевченко	15,76	1,03	3,33	0,10	3,2	1,11	5,56	5,0	35
32	р. Обитічна – м. Приморськ	12,47	1,39	2,86	0,08	2,1	1,42	3,74	2,6	65
33	р. Кільтиця – с. Новотроїцьке	11,39	1,32	4,59	0,29	3,5	1,49	8,71	5,9	39
34	р. Берда – с. Захарівка	15,89	0,98	2,25	0,32	2,3	1,00	2,88	2,9	50
35	р. Берда – с. Осипенко	13,61	1,24	2,42	0,02	1,9	1,26	2,92	2,3	75

Таблиця А.5 – Оцінка значимості трендів максимальних витрат води весняної повені на території Причорноморської низовини

№ п/п	Річка - пост	$n$	$r^2$	$n-1$	$\sqrt{n-1}$	$1-r^2$	$\sigma r$	$r$	$2\sigma r$	Значимість тренду
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
1	р. Південний Буг – с. Підгір'я	76	0,232	75	8,66	0,768	0,09	0,48	0,18	Значущий
2	р. Південний Буг – смт Олександрівка	102	0,121	101	10,05	0,879	0,09	0,35	0,17	Значущий
3	р. Кодима – с. Обжила.	43	0,033	42	6,48	0,967	0,15	0,18	0,30	Не значущий
4	р. Кодима – с. Катеринка	81	0,082	80	8,94	0,918	0,10	0,29	0,21	Значущий
5	р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка	81	0,113	80	8,94	0,887	0,10	0,34	0,20	Значущий
6	р. Синюха – с. Синюхин Брід	88	0,220	87	9,33	0,780	0,08	0,47	0,17	Значущий
7	р. Савранка – с. Осички	76	0,224	75	8,66	0,776	0,09	0,47	0,18	Значущий
8	р. Чичиклія – с. Василівка	36	0,129	35	5,92	0,871	0,15	0,36	0,29	Значущий
9	р. Гнилий Єланець – с. Женево - Криворіжжя	41	0,001	40	6,32	0,999	0,16	0,03	0,32	Не значущий
10	р. Інгул – м. Кіровоград	65	0,023	64	8,00	0,977	0,12	0,15	0,24	Не значущий
11	р. Інгул – с. Седнівка	62	0,249	61	7,81	0,751	0,10	0,50	0,19	Значущий
12	р. Інгул – с. Новогорожене	82	0,165	81	9,00	0,835	0,09	0,41	0,19	Значущий
13	р. Громоклія – с. Михайлівка	43	0,007	42	6,48	0,993	0,15	0,08	0,31	Не значущий
14	р. Тилігул – с. Новоукраїнка	33	0,000	32	5,66	1,000	0,18	0,00	0,35	Не значущий
15	р. Тилігул – с. Березівка	52	0,084	51	7,14	0,916	0,13	0,29	0,26	Значущий
16	р. Інгулець – с. Олександро - Степанівка	72	0,109	71	8,43	0,891	0,11	0,33	0,21	Значущий
17	р. Інгулець – с. Іскрівка	50	0,107	49	7,00	0,893	0,13	0,33	0,26	Значущий



Продовження табл. А.5

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
18	р. Інгулець – м. Кривий Ріг	73	0,121	72	8,49	0,879	0,10	0,35	0,21	Значущий
19	р. Базавлук – с. Катерино - Наталівка	35	0,000	34	5,83	1,000	0,17	0,00	0,34	Не значущий
20	р. Мокра Сура – смт Кринички	52	0,097	51	7,14	0,903	0,13	0,31	0,25	Значущий
21	р. Велика Тернівка – с. Богданівка	63	0,143	62	7,87	0,857	0,11	0,38	0,22	Значущий
22	р. Вовча – смт Васильківка	83	0,036	82	9,06	0,964	0,11	0,19	0,21	Не значущий
23	р. Вовча – смт Покровське	18	0,009	17	4,12	0,991	0,24	0,09	0,48	Не значущий
24	р. Мала Терса – с. Троїцьке	58	0,100	57	7,55	0,900	0,12	0,32	0,24	Значущий
25	р. Середня Терса – ж. Роздолля	28	0,037	27	5,20	0,963	0,19	0,19	0,37	Не значущий
26	р. Гайчур – с. Андріївка	71	0,020	70	8,37	0,980	0,12	0,14	0,23	Не значущий
27	р. Кінська – м. Пологи	55	0,103	54	7,35	0,897	0,12	0,32	0,24	Значущий
28	р. Молочна – с. Токмак	49	0,008	48	6,93	0,992	0,14	0,09	0,29	Не значущий
29	р. Молочна – с. Терпіння	46	0,012	45	6,71	0,988	0,15	0,11	0,29	Не значущий
30	р. Лозуватка – с. Новоолексіївка	53	0,000	52	7,21	1,000	0,14	0,00	0,28	Не значущий
31	р. Обитічна – с. Шевченко	35	0,029	34	5,83	0,971	0,17	0,17	0,33	Не значущий
32	р. Обитічна – м. Приморськ	66	0,000	65	8,06	1,000	0,12	0,00	0,25	Не значущий
33	р. Кільтичя – с. Новотроїцьке	39	0,024	38	6,16	0,976	0,16	0,15	0,32	Не значущий
34	р. Берда – с. Захарівка	51	0,090	50	7,07	0,910	0,13	0,30	0,26	Значущий
35	р. Берда – с. Осипенко	75	0,153	74	8,60	0,847	0,10	0,39	0,20	Значущий

Таблиця А.6 – Оцінка значимості трендів шарів стоку весняної повені на території Причорноморської низовини

№ п/п	Річка - пост	$n$	$r^2$	$n-1$	$\sqrt{n-1}$	$1-r^2$	$Br$	$r$	$2Br$	Значимість тренду
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
1	р. Південний Буг – с. Підгір'я	76	0,179	75	8,66	0,821	0,09	0,42	0,19	Значущий
2	р. Південний Буг – смт Олександрівка	102	0,150	101	10,05	0,850	0,08	0,39	0,17	Значущий
3	р. Кодима – с. Обжила.	43	0,000	42	6,48	1,000	0,15	0,00	0,31	Не значущий
4	р. Кодима – с. Катеринка	81	0,035	80	8,94	0,965	0,11	0,19	0,22	Не значущий
5	р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка	81	0,128	80	8,94	0,872	0,10	0,36	0,19	Значущий
6	р. Синюха – с. Синюхин Брід	88	0,216	87	9,33	0,784	0,08	0,46	0,17	Значущий
7	р. Савранка – с. Осички	76	0,222	75	8,66	0,778	0,09	0,47	0,18	Значущий
8	р. Чичиклія – с. Василівка	36	0,022	35	5,92	0,978	0,17	0,15	0,33	Не значущий
9	р. Гнилий Єланець – с. Женево - Криворіжжя	41	0,021	40	6,32	0,979	0,15	0,14	0,31	Не значущий
10	р. Інгул – м. Кіровоград	65	0,226	64	8,00	0,774	0,10	0,48	0,19	Значущий
11	р. Інгул – с. Седнівка	62	0,083	61	7,81	0,917	0,12	0,29	0,23	Значущий
12	р. Інгул – с. Новогорожене	82	0,146	81	9,00	0,854	0,09	0,38	0,19	Значущий
13	р. Громоклія – с. Михайлівка	43	0,005	42	6,48	0,995	0,15	0,07	0,31	Не значущий
14	р. Тилігул – с. Новоукраїнка	33	0,005	32	5,66	0,995	0,18	0,07	0,35	Не значущий
15	р. Тилігул – с. Березівка	52	0,047	51	7,14	0,953	0,13	0,22	0,27	Не значущий
16	р. Інгулець – с. Олександро - Степанівка	53	0,001	52	7,21	0,999	0,14	0,03	0,28	Не значущий
17	р. Інгулець – с. Іскрівка	31	0,000	30	5,48	1,000	0,18	0,00	0,37	Не значущий

Продовження табл. А.6

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
18	р. Інгулець – м. Кривий Ріг	54	0,107	53	7,28	0,893	0,12	0,33	0,25	Значущий
19	р. Базавлук – с. Катерино - Наталівка	35	0,107	34	5,83	0,893	0,15	0,33	0,31	Значущий
20	р. Мокра Сура – смт Кринички	51	0,118	50	7,07	0,882	0,12	0,34	0,25	Значущий
21	р. Велика Тернівка – с. Богданівка	63	0,053	62	7,87	0,947	0,12	0,23	0,24	Не значущий
22	р. Вовча – смт Васильківка	83	0,012	82	9,06	0,988	0,11	0,11	0,22	Не значущий
23	р. Вовча – смт Покровське	18	0,000	17	4,12	1,000	0,24	0,00	0,49	Не значущий
24	р. Мала Терса – с. Троїцьке	58	0,023	57	7,55	0,977	0,13	0,15	0,26	Не значущий
25	р. Середня Терса – ж. Роздолля	28	0,002	27	5,20	0,998	0,19	0,04	0,38	Не значущий
26	р. Гайчур – с. Андріївка	71	0,008	70	8,37	0,992	0,12	0,09	0,24	Не значущий
27	р. Кінська – м. Пологи	55	0,105	54	7,35	0,895	0,12	0,32	0,24	Значущий
28	р. Молочна – с. Токмак	49	0,010	48	6,93	0,990	0,14	0,10	0,29	Не значущий
29	р. Молочна – с. Терпіння	46	0,019	45	6,71	0,981	0,15	0,14	0,29	Не значущий
30	р. Лозуватка – с. Новоолексіївка	52	0,032	51	7,14	0,968	0,14	0,18	0,27	Не значущий
31	р. Обитічна – с. Шевченко	35	0,000	34	5,83	1,000	0,17	0,00	0,34	Не значущий
32	р. Обитічна – м. Приморськ	65	0,043	64	8,00	0,957	0,12	0,21	0,24	Не значущий
33	р. Кільтичя – с. Новотроїцьке	38	0,068	37	6,08	0,932	0,15	0,26	0,31	Не значущий
34	р. Берда – с. Захарівка	51	0,266	50	7,07	0,734	0,10	0,52	0,21	Значущий
35	р. Берда – с. Осипенко	75	0,008	74	8,60	0,992	0,12	0,09	0,23	Не значущий

## Додаток Б

Додаток Б.1 -Оцінка однорідності часових рядів максимальних витрат води паводків холодного періоду річок Гірського Криму

№ поста	Річка-пост	п, к-ть років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Критерій Стьюдента		Критерій Уїлкоксона			Висновок про однорідність
				F	F <sub>кр</sub>	t	t <sub>кр</sub>	U	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	
1	р. Альма–вище водосх. Партизанського	43	1	5,74	3,68	1,47	2,72	266	125,2 <sub>2</sub>	336,78	однорідний
			5	5,74	2,62	1,47	2,03	266	150,3 <sub>3</sub>	311,67	однорідний
2	р. Альма–Крымдержзаповідник	42	1	3,21	3,92	0,45	2,74	204	118,3 <sub>4</sub>	322,66	однорідний
			5	3,21	2,74	0,45	2,04	204	142,5 <sub>9</sub>	298,42	однорідний
3	р. Кача–с. Баштанівка	40	1	1,42	4,16	1,00	2,75	233	98,53	281,47	однорідний
			5	1,42	2,86	1,00	2,04	233	120,2 <sub>4</sub>	259,76	однорідний
4	р. Кача–с. Комсомольське (Суворове)	56	1	4,09	2,87	0,23	2,68	345	235,1 <sub>7</sub>	548,83	однорідний
			5	4,09	2,21	0,23	2,01	345	272,3 <sub>9</sub>	511,61	однорідний
5	р. Бельбек–сmtКуйбишеве	77	1	1,56	2,51	1,10	2,65	866	488,7 <sub>6</sub>	993,24	однорідний
			5	1,56	2,00	1,10	2,00	866	548,6 <sub>3</sub>	933,37	однорідний
6	р. Бельбек–с. Фруктове	72	1	4,87	2,61	1,32	2,66	652	416,8 <sub>1</sub>	876,20	однорідний
			5	4,87	2,06	1,32	2,00	652	473,9 <sub>7</sub>	822,03	однорідний

Продовження додатку Б.1

7	р. Біюк-Узеньбаш– с. Щасливе	45	1	4,97	3,45	0,53	2,71	232	139,8 1	366,19	однорідний
			5	4,97	2,51	0,53	2,02	232	166,6 8	339,32	однорідний
8	р. Кучук-Узенбаш– с. Многогірчя	46	1	1,01	3,45	1,35	2,71	197	147,5 2	381,48	однорідний
			5	1,01	2,51	1,35	2,02	197	175,2 8	353,72	однорідний
9	приток р.Кучук-Узенбаш – с. Многогірчя	46	1	1,07	3,45	2,51	2,71	366	147,5 2	381,48	однорідний
			5	1,07	2,51	2,51	2,02	366	175,2 8	353,72	неоднорідний
10	р. Коккозка– с. Голубинка (Аромат)	45	1	1,22	3,45	0,76	2,71	218	139,8 1	366,19	однорідний
			5	1,22	2,51	0,75	2,02	218	166,6 8	339,32	однорідний
11	р. Чорна– с. Родниківське(Склея, нижче мосту)	79	1	1,09	2,48	0,55	2,65	880	517,9 1	1042,0 9	однорідний
			5	1,09	1,98	0,55	2,00	880	580,1 2	979,88	однорідний
12	р. Черная – близ гори Кизил-Кая (верхній пост)	41	1	1,19	3,92	0,84	2,74	259	111,4 7	308,54	однорідний
			5	1,19	2,74	0,84	2,04	259	134,8 5	285,15	однорідний
13	р. Учан-Су – смтЧехово (Ялта)	65	1	1,15	2,71	1,03	2,67	684	332,1 4	723,86	однорідний
			5	1,15	2,12	1,03	2,00	684	378,6 3	677,37	однорідний

Продовження додатку Б.1

14	р. Дерекойка– м. Ялта	77	1	2,41	2,51	0,70	2,65	752	488,7 6	993,24	однорідний
			5	2,41	2,00	0,70	2,00	752	548,6 3	933,37	однорідний
15	р. Демерджи– м. Алушта	54	1	1,64	2,90	0,45	2,68	391	215,9 5	513,06	однорідний
			5	1,64	2,23	0,45	2,01	391	251,2 1	477,80	однорідний
16	р. Улу-Узень – с. Сонячногірське	60	1	3,76	2,81	0,44	2,67	420	276,1 7	623,83	однорідний
			5	3,76	2,17	0,44	2,01	420	317,4 3	582,57	однорідний
17	р. Таракташ (Суук-Су)- смт Судак	58	1	1,14	2,84	0,10	2,67	495	255,2 4	585,76	однорідний
			5	1,14	2,19	0,10	2,01	495	294,4 7	546,54	однорідний
18	струм. Кизилташський– смтЩебетівка	50	1	1,90	2,97	0,90	2,68	319	180,0 5	444,96	однорідний
			5	1,90	2,27	0,90	2,01	319	211,4 8	413,52	однорідний
19	р. Су-Індол– с. Тополівка	82	1	1,23	2,45	0,46	2,65	842	563,3 8	1117,6 2	однорідний
			5	1,23	1,96	0,46	2,00	842	629,1 6	1051,8 4	однорідний
20	р. Салгир– с. Піонерське	56	1	1,30	2,87	0,15	2,68	362	235,1 7	548,83	однорідний
			5	1,30	2,21	0,15	2,01	362	272,3 9	511,61	однорідний

Продовження додатку Б.1

21	р. Ангара – с. Перевальне	60	1	1,12	2,81	0,12	2,67	446	276,1 7	623,83	однорідний
			5	1,12	2,17	0,12	2,01	446	317,4 3	582,57	однорідний
22	р. МалийСалгир– м.Сімферополь	42	1	2,49	3,92	0,09	2,74	177	118,3 4	322,66	однорідний
			5	2,49	2,74	0,09	2,04	177	142,5 9	298,42	однорідний
23	р. Бурульча– с.Міжгір'я	67	1	1,51	2,68	1,50	2,66	672	356,0 8	765,92	однорідний
			5	1,51	2,10	1,50	2,00	672	404,7 2	717,29	однорідний
24	р.Біюк-Карасу – м.Білогірськ	43	1	1,42	3,68	0,66	2,72	245	125,2 2	336,78	однорідний
			5	1,42	2,62	0,66	2,03	245	150,3 3	311,67	однорідний
25	р. Кучук-Карасу – с. Багате	60	1	1,88	2,81	0,29	2,67	438	276,1 7	623,83	однорідний
			5	1,88	2,17	0,29	2,01	438	317,4 3	582,57	однорідний

Додаток Б.2 -Оцінка однорідності часових рядів шарів паводків холодного періоду річок Гірського Криму

№ пост а	Річка-пост	п, к-ть років	Рівень значу- щості, %	Критерій Фішера		Критерій Стьюдента		Критерій Уїлкоксона			Висновок про однорідність
				F	Fкр	t	tкр	U	U1	U2	
1	р. Альма- вище водосх. Партизанського	43	1	3,08	3,68	1,38	2,72	288	125,2 2	336,78	однорідний
			5	3,08	2,62	1,38	2,03	288	150,3 3	311,67	однорідний
2	р. Альма- Крымдержзаповідник	42	1	1,49	3,92	0,39	2,74	194	118,3 4	322,66	однорідний
			5	1,49	2,74	0,39	2,04	194	142,5 9	298,42	однорідний
3	р. Кача- с. Баштанівка	40	1	2,72	4,16	2,09	2,75	289	104,9 9	295,01	однорідний
			5	2,72	2,86	2,09	2,04	289	127,5 4	272,46	однорідний
4	р. Кача- с. Комсомольське (Суворове)	57	1	3,32	2,84	1,93	2,67	509	245,0 0	567,00	однорідний
			5	3,32	2,19	1,93	2,01	509	283,2 1	528,79	однорідний
5	р. Бельбек- смітКуйбишеве	77	1	1,49	2,51	1,42	2,65	620	488,7 6	993,24	однорідний
			5	1,49	2,00	1,42	2,00	620	548,6 3	933,37	однорідний
6	р. Бельбек- с. Фруктове	69	1	1,09	2,64	2,35	2,66	812	380,8 8	809,12	однорідний
			5	1,09	2,08	2,35	2,00	812	431,7 0	758,30	неоднорідний



Продовження додатку Б.2

7	р. Бінок-Узеньбаш– с. Щасливе	45	1	4,63	3,45	1,76	2,71	308	139,8 1	366,19	однорідний
			5	4,63	2,51	1,76	2,02	308	166,6 8	339,32	однорідний
8	р. Кучук-Узенбаш– с. Многоріччя	46	1	2,43	3,45	1,76	2,71	372	147,5 2	381,48	однорідний
			5	2,43	2,51	1,76	2,02	372	175,2 8	353,72	однорідний
9	р. Коккозка– с. Голубинка (Аромат)	45	1	1,01	3,45	0,53	2,71	219	139,8 1	366,19	однорідний
			5	1,01	2,51	0,53	2,02	219	166,6 8	339,32	однорідний
10	р. Чорна– с. Родниківське(Скеля, нижче мосту)	79	1	1,37	2,48	0,12	2,65	810	517,9 1	1042,0 9	однорідний
			5	1,37	1,98	0,12	2,00	810	580,1 2	979,88	однорідний
11	р. Черная – близ гори Кизил-Кая (верхній пост)	41	1	1,14	3,92	1,13	2,74	279	118,3 4	322,66	однорідний
			5	1,14	2,74	1,13	2,04	279	142,5 9	298,42	однорідний
12	р. Учан-Су – смтЧехово (Ялта)	65	1	2,52	2,71	2,96	2,67	716	332,1 4	723,86	однорідний
			5	2,52	2,12	2,96	2,00	716	378,6 3	677,37	неоднорідни й
13	р. Дерекойка– м. Ялта	76	1	3,56	2,54	2,57	2,65	973	474,6 2	969,38	неоднорідни й
			5	3,56	2,02	2,57	2,00	973	533,3 3	910,67	неоднорідни й

Продовження додатку Б.2

14	р. Демерджи– м. Алушта	54	1	9,95	2,90	1,66	2,68	421	215,9 5	513,06	однорідний
			5	9,95	2,23	1,66	2,01	421	251,2 1	477,80	однорідний
15	р. Улу-Узень – с. Сонячногірське	59	1	1,81	2,81	0,01	2,67	392	265,5 0	604,50	однорідний
			5	1,81	2,17	0,01	2,01	392	305,7 3	564,27	однорідний
16	р. Таракташ (Суук-Су)- смт Судак	55	1	2,26	2,87	0,98	2,68	366	225,3 5	530,65	однорідний
			5	2,26	2,21	0,98	2,01	366	261,5 8	494,42	однорідний
17	струм. Кизилташський– смтЩебетівка	49	1	1,29	2,97	0,09	2,68	263	171,5 0	458,50	однорідний
			5	1,29	2,27	0,09	2,01	263	202,0 0	398,00	однорідний
18	р. Су-Індол– с. Тополівка	82	1	1,03	2,45	2,01	2,65	535	563,3 8	1117,6 2	однорідний
			5	1,03	1,96	2,01	2,00	535	629,1 6	1051,8 4	неоднорідни й
19	р. Салгир– с. Піонерське	56	1	3,03	2,87	2,04	2,68	503	235,1 7	548,83	однорідний
			5	3,03	2,21	2,04	2,01	503	272,3 9	511,61	неоднорідни й
			5	1,28	2,17	0,27	2,01	426	317,4 3	582,57	однорідний

Продовження додатку Б.2

20	р. Ангара – с. Перевальне	60	1	2,57	2,81	1,98	2,67	561	276,1 7	623,83	однорідний
			5	2,57	2,17	1,98	2,01	561	317,4 3	582,57	однорідний
21	р. МалийСалгир– м.Сімферополь	42	1	2,73	3,92	0,81	2,74	219	118,3 4	322,66	однорідний
			5	2,73	2,74	0,81	2,04	219	142,5 9	298,42	однорідний
22	р. Бурульча– с. Міжгір'я	67	1	1,61	2,68	0,55	2,66	570	356,0 8	765,92	однорідний
			5	1,61	2,10	0,55	2,00	570	404,7 2	717,29	однорідний
23	р.Біюк-Карасу – м.Білогірськ	43	1	1,18	3,68	1,12	2,72	281	125,2 2	336,78	однорідний
			5	1,18	2,62	1,12	2,03	281	150,3 3	311,67	однорідний
24	р. Кучук-Карасу – с. Багате	60	1	1,28	2,81	0,27	2,67	426	276,1 7	623,83	однорідний

Додаток Б.3 Статистичні параметри часових рядів максимальних витрат води паводків холодного періоду річок Гірського Криму

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$r(l)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	7,7	0,16	0,80	2,73	3,42	0,83	3,91	4,70
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	25,4	0,17	1,34	2,70	2,02	1,38	3,83	2,80
3	Альма - с.Карагач	249	25,1	-0,35	0,76	2,53	3,33	0,78	2,24	2,90
4	Альма-с.Красноармійське	607	23,6	-0,06	0,83	1,30	1,56	0,85	1,61	1,90
5	Кача- с.Загірське	110	10,5	0,14	0,59	1,12	1,90	0,60	1,43	2,40
6	Кача- с.Баштанівка	321	26,1	-0,12	0,89	1,93	2,17	0,91	2,49	2,70
7	Кача-с.Комсомольське	525	19,7	-0,24	0,89	3,53	3,97	0,96	5,17	5,40
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	1,0	-0,25	1,06	3,03	2,85	1,20	5,52	4,60
9	Бельбек- с.Щасливе	44	7,1	0,28	0,88	1,74	1,98	0,91	2,49	2,70
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	37,2	0,08	0,86	1,45	1,69	0,86	1,58	1,80
11	Бельбек- с.Фруктове	493	34,6	-0,05	0,84	2,01	2,39	0,84	2,33	2,80
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	1,3	0,35	1,10	2,74	2,50	1,14	4,90	4,30
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	2,4	0,03	0,77	2,85	3,71	0,82	4,07	5,00
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	1,7	0,17	0,53	1,47	2,77	0,53	1,71	3,20
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	1,2	0,42	0,34	-0,23	-0,68	0,34	-0,10	-0,30
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	21,5	0,04	0,74	1,50	2,03	0,74	1,75	2,40
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	30,5	-0,04	0,60	1,75	2,90	0,60	1,96	3,30

## Продовження додатку Б.3

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$r(l)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	44,5	-0,17	0,85	1,95	2,29	0,86	2,49	2,90
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	37,7	-0,31	0,78	1,07	1,38	0,80	1,29	1,60
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	1,4	0,07	1,06	1,80	1,71	1,08	2,29	2,10
21	Учан-Су-сміт.Чехове	16,8	7,05	0,26	0,88	2,19	2,50	0,90	2,65	2,90
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	10,6	-0,01	0,75	1,67	2,21	0,76	2,13	2,80
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	5,5	-0,04	0,69	3,01	4,34	0,71	3,85	5,40
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	3,0	0,07	0,73	2,80	3,86	0,82	4,97	6,10
25	Авунда-сміт.Гурзуф	23	1,9	0,04	1,03	1,83	1,79	1,06	2,52	2,40
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	6,0	-0,04	0,71	1,16	1,63	0,72	1,37	1,90
27	Демерджі-м.Алушта	53	3,1	0,12	1,06	2,43	2,30	1,08	3,14	2,90
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	1,4	0,01	0,90	1,53	1,70	0,94	2,24	2,40
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	3,6	0,07	0,81	3,59	4,45	0,85	5,18	6,10
30	Ускут-с.Привітне	42,3	2,8	-0,09	1,19	2,43	2,04	1,23	3,42	2,80
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	0,3	0,27	0,76	1,44	1,88	0,79	2,09	2,70
32	Шелен-с.Громівка	16,2	0,5	0,40	1,14	2,07	1,83	1,19	3,21	2,70
33	Ворон-с.Ворон	10,3	0,8	-0,02	1,92	5,49	2,86	2,37	11,59	4,90
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	1,2	-0,01	1,82	4,01	2,20	1,96	7,70	3,90
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,32	0,1	-0,18	0,62	1,57	2,52	0,65	2,37	3,60
36	Таракташ-м.Судак	156	2,8	0,15	1,74	3,05	1,76	1,80	4,17	2,30

## Продовження додатку Б.3

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$r(I)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
37	Отуз-сmt.Щебетівка	58	1,1	0,09	1,27	1,87	1,48	1,32	2,56	1,90
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	35	0,9	0,44	1,41	1,88	1,34	1,48	2,60	1,80
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	4,8	0,05	1,09	1,71	1,57	1,10	1,90	1,70
40	Салгир-с.Сорокіне	90	11,7	-0,07	0,61	0,77	1,27	0,61	0,89	1,50
41	Салгир-с.Піонерське	261	13,7	-0,08	0,72	1,76	2,44	0,72	2,06	2,80
42	Салгир-м.Сімферополь	321	19,0	-0,14	0,89	1,78	1,99	0,91	2,26	2,50
43	Салгир-с.Роздільне	564	8,6	-0,01	0,88	0,78	0,89	0,90	0,88	1,00
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	8,2	0,20	0,70	0,88	1,25	0,71	0,99	1,40
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	3,4	-0,27	0,63	0,79	1,24	0,64	0,89	1,40
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	6,0	0,04	0,86	1,38	1,61	0,87	1,53	1,80
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	1,1	0,06	0,73	2,72	3,71	0,78	3,90	5,00
48	Зуя-с.Баланове	48	1,4	-0,04	1,11	1,78	1,60	1,14	2,23	2,00
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	7,1	-0,06	0,69	0,93	1,34	0,69	0,97	1,40
50	Біюк-Карасу-с.Карасівка	7,1	12,1	0,15	0,45	0,04	0,09	0,45	0,11	0,30
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	12,4	0,09	0,52	0,93	1,80	0,52	1,01	1,90
52	Біюк-Карасу-с.Зибіне	601	10,3	0,21	0,50	0,27	0,54	0,52	0,34	0,60
53	Тонас-м.Білогірськ	184	5,6	0,17	1,10	2,22	2,01	1,13	3,09	2,70
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	4,4	-0,05	1,12	2,60	2,32	1,14	3,36	2,90

Додаток Б.4 Статистичні параметри часових рядів максимальних шарів стоку паводків холодного періоду річок Гірського Криму

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Y}$ , мм	$r(l)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	53,9	0,18	0,81	2,70	3,33	0,84	3,87	4,60
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	25,1	0,28	0,89	2,41	2,71	0,93	3,28	3,50
3	Альма - с.Карагач	249	27,5	-0,14	0,69	1,02	1,47	0,71	1,30	1,80
4	Альма-с.Красноармійське	607	11,4	-0,18	0,76	1,22	1,60	0,78	1,51	1,90
5	Кача- с.Загірське	110	28,0	-0,23	0,55	0,46	0,85	0,55	0,53	1,00
6	Кача- с.Баштанівка	321	18,6	0,11	0,93	1,79	1,93	0,94	2,24	2,40
7	Кача-с.Комсомольське	525	13,0	-0,19	0,86	1,98	2,31	0,87	2,38	2,70
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	35,9	-0,35	1,10	2,08	1,89	1,15	3,09	2,70
9	Бельбек- с.Щасливе	44	59,2	0,37	0,81	1,06	1,31	0,83	1,29	1,60
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	32,3	0,22	0,70	1,30	1,85	0,70	1,39	2,00
11	Бельбек- с.Фруктове	493	18,3	0,23	0,73	1,29	1,76	0,74	1,40	1,90
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	23,8	0,20	0,77	1,88	2,44	0,78	2,77	3,50
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	119,7	0,12	0,79	1,89	2,38	0,80	2,35	2,90
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	68,5	0,01	0,77	2,22	2,87	0,79	2,88	3,60
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	216,6	-0,14	0,57	1,26	2,21	0,58	2,01	3,40
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	64,2	0,26	0,54	0,84	1,55	0,54	0,90	1,70
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	180,1	-0,13	0,51	0,87	1,73	0,51	0,90	1,80
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	62,2	-0,21	0,77	0,94	1,22	0,78	1,03	1,30
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	31,2	-0,08	0,88	1,49	1,70	0,90	1,96	2,20
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	32,1	0,34	0,99	2,21	2,23	1,02	3,01	3,00

## Продовження додатку Б.4

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Y}$ , мм	$r(l)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
21	Учан-Су-сmt.Чехове	16,8	75,1	0,32	0,67	1,42	2,13	0,67	1,57	2,30
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	73,1	0,07	0,56	1,43	2,53	0,57	1,74	3,10
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	36,3	0,07	0,93	2,39	2,58	0,91	2,87	3,00
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	21,7	0,39	0,79	1,98	2,51	0,84	2,97	3,50
25	Авунда-сmt.Гурзуф	23	31,4	0,02	0,88	1,23	1,40	0,90	1,52	1,70
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	25,7	-0,08	0,77	1,10	1,43	0,78	1,27	1,60
27	Демерджі-м.Алушта	53	10,4	0,01	1,30	4,20	3,23	1,42	6,72	4,70
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	8,4	-0,16	0,89	2,24	2,52	1,00	3,97	4,00
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	38,0	0,25	0,89	2,04	2,29	0,90	2,46	2,70
30	Ускут-с.Привітне	42,3	12,3	-0,10	1,67	4,14	2,49	1,76	7,51	4,30
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	9,2	-0,12	0,67	0,09	0,14	0,69	0,21	0,30
32	Шелен-с.Громівка	16,2	6,7	0,12	1,04	1,07	1,03	1,08	1,32	1,20
33	Ворон-с.Ворон	10,3	11,6	0,11	1,61	3,83	2,38	1,69	6,58	3,90
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	10,1	0,08	1,31	2,46	1,87	1,37	3,67	2,70
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,32	21,9	0,08	0,84	0,15	0,18	0,87	0,25	0,30
36	Таракташ-м.Судак	156	2,9	0,01	1,95	2,93	1,50	2,05	3,97	1,90
37	Отуз-сmt.Щебетівка	58	3,9	0,05	1,21	2,11	1,75	1,26	3,02	2,40
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	35	4,9	0,37	1,28	2,58	2,01	1,34	4,07	3,00
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	12,8	0,25	0,95	2,26	2,38	0,96	2,65	2,80



## Продовження додатку Б.4

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Y}$ , мм	$r(l)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
40	Салгир-с.Сорокіне	90	35,4	-0,32	0,55	0,72	1,30	0,56	0,83	1,50
41	Салгир-с.Піонерське	261	16,7	0,06	0,78	1,14	1,47	0,78	1,24	1,60
42	Салгир-м.Сімферополь	321	23,2	-0,13	0,73	1,08	1,48	0,74	1,23	1,70
43	Салгир-с.Роздільне	564	11,1	-0,01	0,91	1,18	1,29	0,95	1,55	1,60
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	4,1	-0,07	1,75	4,40	2,51	2,23	9,37	4,20
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	42,3	-0,24	0,49	0,66	1,37	0,49	0,74	1,50
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	27,8	0,16	0,86	1,91	2,23	0,86	2,27	2,60
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	3,9	0,13	1,17	2,29	1,95	1,21	3,07	2,60
48	Зуя-с.Баланове	48	19,1	-0,16	1,00	1,94	1,94	1,03	2,53	2,50
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	25,6	0,12	0,83	1,86	2,24	0,84	2,15	2,60
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	33,5	0,07	0,80	1,38	1,73	0,80	1,59	2,00
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	11,5	0,18	1,05	2,84	2,70	1,21	5,29	4,40
53	Тонас-м.Білогірськ	184	6,5	0,09	1,09	2,06	1,90	1,12	2,80	2,50
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	9,4	-0,02	0,81	1,53	1,88	0,82	1,73	2,10

## ДОДАТОК В

### Список пунктів гідрометеорологічних спостережень в басейні р. Південний Буг та характеристика класифікації річок

Таблиця В.1 – Список гідрологічних постів в басейні річки Південний Буг та малих річок між Дністром та Південним Бугом [1]

№ з/п	Індекс поста	Річка – пост	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Період спостережень за стоком води (станом на 2015 р.)	Число років, <i>n</i>
1	2	3	4	5	6
1	81343	Південний Буг – с. Чорнява	36,5	1939-1941, 1945-1963	22
2	81346	Південний Буг – с. Пирогівці	827	1964-2015	52
3	81348	Південний Буг – с. Лелітка	4000	1926-1946, 1964-2015	73
4	81352	Південний Буг – с. Сабарів	9010	1930-1985	56
5	81353	Південний Буг – с. Селище	9100	2002-2015	14
6	–	Південний Буг – с. Самчинці	12800	1934-1941	8
7	81361	Південний Буг – с. Тростянчик	17400	1930-41, 1946-2015	82
8	81362	Південний Буг – с. Хощувате	20700	1923-1940	18
9	81363	Південний Буг – с. Підгір'я	24600	1926-1943, 1958-2015	76
10	81364	Південний Буг – Первомайська ГЕС	27300	1958-1970	13
11	81365	Південний Буг – м. Первомайськ	44000	1945-1960, (1985-2015)*	16/47
12	81801	Південний Буг – смт Олександрівка	46200	1914-2015	102
13	81376	Бужок – смт Меджибож	698	1952-1988	37
14	81381	Іква – смт Стара Синява	439	1946-2015	70
15	81386	Згар – смт Літин	692	1931-2015	87
16	81390	Десна – с. Сосонка	13000	1930-1941, 1945-1950	17
17	81393	Рів – с. Демидівка	1130	1916-1918, 1922-1941, 1945-2015	94

## Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
18	81396	Соб – с. Зозів	92,5	1945-2015	71
19	81401	Соб – Дмитренківська ГЕС	2840	1958-1970	13
20	–	Удич – с. Ягубець	109	1946-1953	8
21	81405	Дохна – Велика Кириївська ГЕС (с. Велика Кириївка)	1200	1955-1967	13
22	81408	Савранка – с. Осички	1740	1936-1941, 1945-2015	77
23	81409	Синиця – смт Любашівка	86,0	1931-1941, 1943, 1954-1967	26
24	81410	Синиця – с. Кам'яний Брід	753	1931-1941, 1943, 1945-1974	42
25	81411	Кодима – с. Обжила	145	1946-1988	43
26	81414	Кодима – с. Катеринка	2390	1931-1941, 1945-2015	82
27	81416	Синюха – Краснохутірська ГЕС	16500	1959-1970	12
28	81417	Синюха – с. Синюхин Брід	16700	1925-1931, 1933-2015	90
29	–	Гірський Тікич – ГЕС Юрпольська	2620	1959-1965	7
30	81420	Гірський Тікич – с. Тальне	3400	1916-1918, 1925, 1927-1941, 1943-1947	24
31	81421	Маньківка – с. Кінашівка	76,7	1946-1957	11
32	81421	Гнилий Тікич – смт Лисянка	1450	1945-2015	71
33	81427	Гнилий Тікич – Лоташівська ГЕС	3140	1955-1970	16
34	81430	Велика Вись – с. Ямпіль	2820	1925-1941, 1943, 1945-2015	89
35	81433	Ятрань – с. Покотилове	2140	1955-2015	61
36	81434	Уманка – м. Умань	275	1938-1941, 1943-1950	12
37	81435	Циганка – с. Краснопілля	248	1946-1975	30
38	81436	Сухий Ташлик – с. Липняжка	556	1965-1972	8
39	81437	Чорний Ташлик – с. Піщаний Брід	1830	1964-1988	25
40	81438	Чорний Ташлик – с. Тарасівка	2230	1933-1943, 1945-2015	82
41	81439	Мертвовід – с. Крива Пустош	252	1949-2015	67
42	81442	Чичиклія – с. Василівка	436	1951-1958, 1961-1988	36

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
43	81443	Чичиклія – с. Веселинове	1490	1934-1937, 1939-1941, 1951-1953, 1957	9
44	81444	Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя	1190	1936-1941, 1945-1971, 1973, 1980-1982, 1985-1988	41
45	81446	Інгул – м. Кропивницький	840	1945-2015	71
46	81447	Інгул – с. Інгуло-Кам'янка	3080	1931-1941, 1944-1964	32
47	81448	Інгул – с. Василівка	3300	1966-1975	10
48	81449	Інгул – с. Седнівка	4770	1954-2015	62
49	81450	Інгул – с. Новогорожене	6670	1930-1941, 1945-2015	83
50	81454	Громоклія – с. Михайлівка	1410	1946-1988	43
51	81475	Великий Куяльник – с. Северинівка	1840	1986-1993, 2001-2003, 2005, 2006, 2015	19
52	81336	Тилігул – с. Новоукраїнка	810	1955-1988	33
53	81338	Тилігул – м. Березівка	3170	1953-1971, 1973, 1978-1986, 1988, 1989, 1991-1994, 1996-2007, 2009, 2015	59

Помітка \* свідчить про те, що по посту р. Південний Буг – м. Первомайськ за період 1985-2015 рр. були отримані дані тільки по максимальних витратах води весняного водопілля з тривалістю ряду спостережень 47 років.

Таблиця В.2 – Список метеорологічних та агрометеорологічних станцій в басейні річки Південний Буг та малих річок між Дністром та Південним Бугом [2]

№ з/п	Індекс	Пункт	Область
1	33429	Хмельницький	Хмельницька
2	33439	Хмельник	Вінницька
3	33446	Білопілля	Вінницька
4	33562	Вінниця	Вінницька
5	33564	Жмеринка	Вінницька
6	33577	Гайсин	Вінницька
7	33581	Жашків	Черкаська
8	33586	Звенигородка (Озерна)	Черкаська
9	33587	Умань	Черкаська
10	33593	Сміла	Черкаська
11	33598	Новомиргород	Кіровоградська
12	33686	Гайворон	Кіровоградська
13	33699	Первомайськ	Миколаївська
14	33705	Помічна	Кіровоградська
15	33761	Любашівка	Одеська
16	33777	Вознесенськ	Миколаївська
17	53201	Крижопіль	Вінницька
18	53202	Липовець	Вінницька
19	33711	Кропивницький	Кіровоградська
20	33717	Бобринець	Кіровоградська
21	33719	Долинська	Кіровоградська
22	33788	Баштанка	Миколаївська
23	33759	Затишся	Одеська
24	33833	Сербка	Одеська
25	33834	Роздільна	Одеська

## ДОДАТОК Г

## Зарегульованість річкового стоку в басейні р. Південний Буг

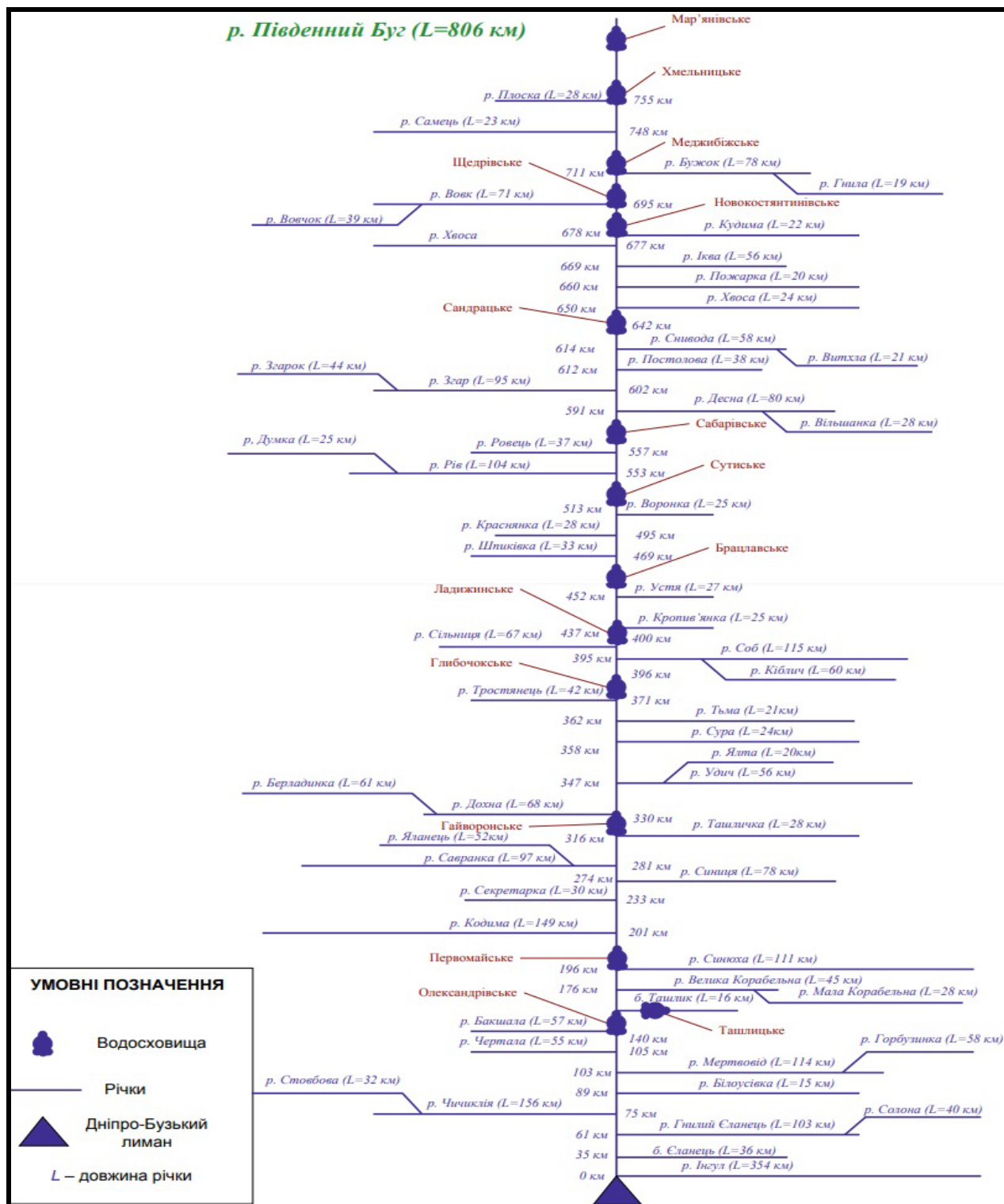


Рисунок Г.1 – Лінійна схема р. Південний Буг [3]



## ДОДАТОК Д

### Статистичні гідрологічні та метеорологічні характеристики періоду весняного водопілля в басейнах р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом

Таблиця Д.1 – Статистичні характеристики шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом

№ п/п	Код поста	Річка – пост	F, км <sup>2</sup>	n, років	Y <sub>0</sub> , мм	r(1)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
							C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	81343	Південний Буг – с. Чорнява	36,5	22	55	0,4	0,66	1,47	2,23	0,67	2,01	3,00
2	81346	Південний Буг – с. Пирогівці	827	52	32	0,21	0,58	0,92	1,60	0,58	0,98	1,70
3	81348	Південний Буг – с. Лелітка	4000	72	38	0,33	0,75	1,58	2,10	0,76	1,81	2,40
4	81352	Південний Буг – с. Сабарів	9010	56	43	0,26	0,60	0,69	1,20	0,60	0,73	1,20
5	81353	Південний Буг – с. Селище	9100	14	26	0,15	0,46	0,77	1,70	0,47	0,96	2,10
6	81361	Південний Буг – с. Тростяничик	17400	82	30	0,40	0,74	1,48	2,00	0,75	1,65	2,20
7	81363	Південний Буг – с. Підгір'я	24600	76	27	0,39	0,69	1,39	2,00	0,70	1,55	2,20
8	81364	Південний Буг – Первомайська ГЕС	27300	13	29	0,04	0,49	0,08	0,16	0,5	0,15	0,30
9	81365	Південний Буг – м. Первомайськ	44000	16	32	0,26	0,6	0,88	1,47	0,61	1,1	1,80
10	81801	Південний Буг – смт Олександрівка	46200	102	26	0,24	0,68	1,23	1,80	0,68	1,28	1,90
11	81801	Бужок – смт Меджибож	698	37	30	0,22	0,75	1,33	1,80	0,76	1,56	2,10
12	81381	Іква – смт Стара Синява	439	70	35	0,26	0,85	1,57	1,8	0,86	1,74	2,00
13	81386	Згар – смт Літин	692	85	36	0,27	0,70	0,93	1,30	0,70	0,97	1,40
14	81393	Рів – с. Демидівка	1130	94	32	0,19	0,77	1,26	1,60	0,77	1,33	1,70
15	81396	Соб – с. Зозів	92,5	71	30	0,50	0,84	1,04	1,20	0,85	1,13	1,30
16	81401	Соб – Дмитренківська ГЕС	2840	13	33	0,10	0,51	0,49	0,96	0,51	0,10	0,20
17	81408	Савранка – с. Осички	1740	77	17	0,39	0,90	2,16	2,40	0,92	2,60	2,80



Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	81409	Синиця – смт Любашівка	86	26	37	0,04	0,83	1,27	1,53	0,85	1,62	1,90
19	81410	Синиця – с. Кам'яний Брід	753	42	29	0,23	0,81	1,31	1,60	0,82	1,50	1,80
20	81411	Кодима – с. Обжила	145	43	12	0,04	0,78	2,91	3,70	0,84	4,26	5,00
21	81414	Кодима – с. Катеринка	2390	82	13	0,24	1,24	4,08	3,30	1,30	5,70	4,40
22	81417	Синюха – с. Синюхин Брід	16700	90	24	0,21	0,89	1,40	1,60	0,89	1,50	1,70
23	81421	Гнилий Тікич – смт Лисянка	1450	71	21	0,14	1,01	2,32	2,30	1,02	2,80	2,70
24	81427	Гнилий Тікич – Лоташівська ГЕС	3140	16	34	0,51	0,58	0,81	1,40	0,59	1,00	1,70
25	81430	Велика Вись – с. Ямпіль	2820	88	20	0,13	0,94	1,91	2,00	0,95	2,14	2,30
26	81433	Ятрань – с. Покотилове	2140	61	19	0,05	1,06	2,40	2,30	1,07	3,01	2,80
27	81435	Циганка – с. Краснопілля	248	30	21	0,18	0,75	1,28	1,71	0,76	1,60	2,10
28	81437	Чорний Ташлик – с. Піщаний Брід	1830	24	14	0,12	1,19	2,01	1,70	1,25	3,02	2,40
29	81438	Чорний Ташлик – с. Тарасівка	2230	82	23	0,22	1,05	1,76	1,70	1,06	1,96	1,80
30	81439	Мертвовід – с. Крива Пустош	252	67	18	0,01	1,03	1,95	1,90	1,05	2,29	2,20
31	81442	Чичиклія – с. Василівка	436	36	13	0,45	1,19	2,12	1,80	1,24	2,98	2,40
32	81444	Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя	1190	41	19	0,06	1,15	1,48	1,30	1,18	1,75	1,50
33	81446	Інгул – м. Кропивницький	840	71	18	0,19	1,29	2,70	2,10	1,31	3,40	2,60
34	81447	Інгул – с. Інгуло-Кам'янка	3080	32	35	0,20	0,85	1,26	1,48	0,86	1,55	1,80
35	81449	Інгул – с. Седнівка	4770	62	17	0,04	0,99	1,72	1,70	1,01	1,98	2,00
36	81450	Інгул – с. Новогорожене	6670	82	20	0,24	1,10	1,65	1,50	1,11	1,83	1,60
37	81454	Громоклія – с. Михайлівка	1410	43	11	0,10	1,10	2,39	2,20	1,13	3,25	2,90
38	81336	Тилігул – с. Новоукраїнка	810	34	10	0,07	0,96	2,22	2,30	0,99	3,12	3,20
39	81338	Тилігул – с. Березівка	3170	58	5	0,04	1,52	3,03	2,00	1,57	4,15	2,60
40	81475	Великий Куяльник – с. Северинівка	1840	14	3	0,13	2,03	3,08	1,52	2,44	8,54	3,50

Таблиця Д.2 – Статистичні характеристики максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом

№ п/п	Код поста	Річка – пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$n$ , років	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	$r(1)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
							$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	81343	Південний Буг – с. Чорнява	36,5	22	2,7	0,11	1,06	2,34	2,20	1,11	3,92	3,50
2	81346	Південний Буг – с. Пирогівці	827	52	15,8	0,33	0,92	3,06	3,30	1,00	4,43	4,40
3	81348	Південний Буг – с. Лелітка	4000	72	108	0,13	1,23	3,37	2,70	1,30	4,54	3,50
4	81352	Південний Буг – с. Сабарів	9010	56	293	0,01	0,98	2,42	2,50	1,00	3,09	3,10
5	81353	Південний Буг – с. Селище	9100	14	92,6	0,17	0,66	1,61	2,50	0,67	2,66	4,00
6	81361	Південний Буг – с. Тростянчик	17400	82	371	0,25	1,00	1,91	1,90	1,01	2,16	2,20
7	81363	Південний Буг – с. Підгір'я	24600	76	403	0,23	1,07	2,55	2,40	1,08	3,12	2,90
8	81364	Південний Буг – Первомайська ГЕС	27300	13	478*	0,53	0,89	0,63	0,70	0,92	0,74	0,80
9	81365	Південний Буг – м. Первомайськ	44000	42	569	0,13	1,04	1,72	1,70	1,06	2,12	2,00
10	81801	Південний Буг – смт Олександрівка	46200	102	737	0,14	1,15	2,90	2,50	1,19	3,49	2,90
11	81801	Бужок – смт Меджибож	698	37	22,6	0,03	1,00	2,35	2,40	1,02	3,30	3,20
12	81381	Іква – смт Стара Синява	439	70	15,1	0,15	1,13	2,40	2,10	1,14	2,93	2,60
13	81386	Згар – смт Літин	692	85	22,5	0,12	1,08	1,99	1,80	1,10	2,26	2,10
14	81393	Рів – с. Демидівка	1130	94	41,6	0,29	0,92	1,76	1,90	0,93	1,94	2,10
15	81396	Соб – с. Зозів	92,5	71	5,49	0,28	1,52	3,67	2,40	1,56	5,12	3,30
16	81401	Соб – Дмитренківська ГЕС	2840	13	106*	0,09	0,80	0,23	0,30	0,83	0,34	0,40
17	81408	Савранка – с. Осички	1740	77	20,8	0,20	1,61	4,86	3,00	1,76	7,40	4,20
18	81409	Синиця – смт Любашівка	86	26	8,1	0,15	0,88	0,64	0,70	0,90	0,71	0,80

## Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	81410	Синиця – с. Кам'яний Брід	753	42	27,0	0,12	1,02	1,99	1,90	1,04	2,55	2,40
20	81411	Кодима – с. Обжила	145	43	2,31	0,02	1,26	2,49	2,00	1,29	3,43	2,70
21	81414	Кодима – с. Катеринка	2390	82	20,8	0,25	2,31	4,98	2,20	2,42	7,52	3,10
22	81417	Синюха – с. Синюхин Брід	16700	90	347	0,20	1,30	2,15	1,70	1,32	2,46	1,90
23	81421	Гнилий Тікич – смт Лисянка	1450	71	47,4	0,04	1,41	3,12	2,20	1,44	4,10	2,80
24	81427	Гнилий Тікич – Лоташівська ГЕС	3140	16	107*	0,41	0,85	1,21	1,40	0,90	1,89	2,10
25	81430	Велика Вись – с. Ямпіль	2820	88	63,4	0,32	1,64	3,13	1,90	1,68	3,94	2,30
26	81433	Ятрань – с. Покотилове	2140	61	58,4	0,01	1,70	2,69	1,60	1,76	3,48	2,00
27	81435	Циганка – с. Краснопілля	248	30	14,3	0,21	1,50	2,81	1,90	1,58	4,56	2,90
28	81437	Чорний Ташлик – с. Піщаний Брід	1830	24	54,7	0,01	1,96	3,46	1,80	2,16	6,96	3,20
29	81438	Чорний Ташлик – с. Тарасівка	2230	82	91,3	0,34	1,41	2,05	1,50	1,44	2,36	1,60
30	81439	Мертвовід – с. Крива Пустош	252	67	10,5	0,17	1,74	2,42	1,40	1,80	2,98	1,70
31	81442	Чичиклія – с. Василівка	436	36	10,1	0,30	1,14	1,64	1,40	1,19	2,13	1,80
32	81444	Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя	1190	41	60,3	0,06	1,50	2,08	1,40	1,56	2,71	1,70
33	81446	Інгул – м. Кропивницький	840	71	32,4	0,34	1,50	2,01	1,30	1,55	2,40	1,50
34	81447	Інгул – с. Інгуло-Кам'янка	3080	32	191	0,11	0,89	1,11	1,20	0,91	1,29	1,40
35	81449	Інгул – с. Седнівка	4770	62	105	0,22	1,52	0,21	1,50	1,57	2,92	1,90
36	81450	Інгул – с. Новогорожене	6670	82	160	0,37	1,32	1,66	1,30	1,35	1,88	1,40
37	81454	Громоклія – с. Михайлівка	1410	43	23,6	0,11	1,14	1,43	1,30	1,17	1,67	1,40
38	81336	Тилігул – с. Новоукраїнка	810	34	9,55	0,05	1,24	2,29	1,80	1,29	3,25	2,50
39	81338	Тилігул – с. Березівка	3170	58	12,3	0,07	1,58	2,19	1,40	1,64	2,70	1,60
40	81475	Великий Куяльник – с. Северинівка	1840	14	4,00	0,09	2,75	3,67	1,30	3,48	10,40	3,00

Таблиця Д.3 – Статистичні характеристики максимальних снігозапасів періоду весняного водопілля в басейні р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом

№ п/п	Індекс	Назва станції	n, років	S <sub>0</sub> , мм	r(1)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
						C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>
1	33429	Хмельницький	65	47	0,1	0,70	0,78	1,10	0,70	0,81	1,20
2	33439	Хмельник	63	46	0,1	0,73	1,61	2,20	0,73	1,82	2,50
3	33562	Вінниця	56	50	0,1	0,61	0,88	1,40	0,61	0,93	1,50
4	33564	Жмеринка	64	53	0,1	0,61	0,81	1,30	0,61	0,84	1,40
5	33577	Гайсин	63	43	0,2	0,69	0,81	1,20	0,69	0,85	1,20
6	33581	Жашків	77	46	0,1	0,70	0,88	1,30	0,70	0,91	1,30
7	33586	Звенигородка (Озірна)	49	49	0,3	0,79	1,13	1,40	0,81	1,29	1,60
8	33587	Умань	82	45	0,2	0,65	0,89	1,40	0,65	0,92	1,40
9	33598	Новомиргород	53	41	0,1	0,77	1,16	1,50	0,78	1,27	1,60
10	33686	Гайворон	60	43	0,2	0,64	0,88	1,40	0,64	0,93	1,40
11	33699	Первомайськ	60	39	0,3	0,73	1,36	1,90	0,73	1,51	2,10
12	33705	Помічна	63	38	0,3	0,71	1,01	1,40	0,71	1,07	1,50
13	33761	Любашівка	64	41	0,2	0,80	1,38	1,70	0,80	1,52	1,90
14	33777	Вознесенськ	38	28	0,1	0,59	1,28	2,20	0,59	1,48	2,50
15	53201	Крижопіль	37	47	0,0	0,68	1,80	2,70	0,69	2,30	3,30
16	53202	Липовець	27	63	0,3	0,59	0,39	0,70	0,60	0,44	0,70
17	33711	Кропивницький	63	44	0,0	0,74	1,16	1,60	0,75	1,24	1,70
18	33717	Бобринець	63	37	0,2	0,79	1,11	1,40	0,80	1,19	1,50
19	33788	Баштанка	47	33	0,2	0,76	2,39	3,10	0,78	3,16	4,00
20	33759	Затишся	50	32	0,2	0,83	2,03	2,40	0,84	2,51	3,00
21	33833	Сербка	42	22	0,5	0,63	1,54	2,50	0,64	1,90	3,00
22	33834	Роздільна	50	29	0,0	0,70	1,36	1,90	0,72	1,58	2,20

## ДОДАТОК Е

### Географічні координати центрів водозборів та морфометричні і гідрографічні характеристики в басейні р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом

Таблиця Е.1 – Географічні координати центрів водозборів та морфометричні і гідрографічні характеристики [4] в басейні річки Південний Буг та малих річок між Дністром та Південним Бугом, які використані при проведенні факторного аналізу

№ з/п	Індекс поста	Річка–пункт	Довгота $\lambda$ , в долях град сх.д.	Широта $\phi$ , в долях град п.ш.	Довжина річки $L$ , км	Похил річки $I$ , ‰	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{сер}$ , м абс.	Озерність $f_o$ , %	Заболоченість $f_b$ , %	Залісеність $f_{л}$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	81343	Південний Буг – с. Чорнява	26,51	49,61	10	2,3	36,5	320	<1	3	<1
2	81346	Південний Буг –с. Пироговці	26,85	49,49	76	0,7	827	320	<1	3	8
3	81348	Південний Буг – с. Лелітка	27,19	49,44	152	0,6	4000	320	<1	5	8
4	81352	Південний Буг – с. Сабарів	27,73	49,48	235	0,4	9010	310	<1	6	11
5	–	Південний Буг –с. Самчинці	27,75	49,27	361	0,4	12800	300	<1	5	11
6	81361	Південний Буг –с. Тростяничик	28,16	49,14	436	0,3	17400	310	<1	4	11
7	81376	Бужок – смт Меджибож	26,99	49,54	72	0,8	698	320	<1	7	1
8	81381	Іква – смт Стара Синява	27,41	49,60	45	1,2	439	310	1	4	5
9	81386	Згар – смт Літин	27,90	49,28	59	1,0	692	320	3	11	13
10	81390	Десна –с. Сосонка	28,75	49,40	67	0,8	13000	280	1	2	2
11	81393	Рів – с. Демидівка	27,74	49,12	97	0,9	1130	310	1	4	12
12	81396	Соб – с. Зозів	29,02	49,33	13	3,2	92,5	290	2	0	3

Продовження табл. Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	81401	Соб – Дмитренківська ГЕС	29,45	48,75	112	1,0	2840	240	2	2	10
14	–	Удич – с. Ягубець	29,96	48,78	11	5,3	109	250	<1	<1	3
15	81405	Дохна – с. Велика Киріївка (Велика Киріївка)	29,2	48,4	56	2,4	1200	230	<1	1	19
16	81408	Савранка – с. Осички	29,49	48,18	91	1,7	1740	200	<1	2	15
17	81409	Синиця – смт Любашівка	30,05	48,67	13	2,1	86	240	<1	<1	10
18	81410	Синиця – с. Каменний Брід	30,16	48,49	67	2,3	753	190	<1	<1	8
19	81411	Кодима – с. Обжила	29,25	48,04	12	5,6	145	230	<1	2	19
20	81414	Кодима – с. Катеринка	29,95	47,96	137	1,4	2390	170	<1	<1	11
21	81416	Синюха – Краснохутірська ГЕС	30,11	48,99	262	0,7	16500	190	<1	1	5
22	81417	Синюха – с. Синюхін Брід	30,8	48,82	99	0,7	16700	190	<1	1	5
23	81420	Гірський Тікіч – с. Тальне	30,18	49,05	140	1,0	3400	220	<1	<1	4
24	81421	Маньківка – с. Кінашівка	30,3	48,96	10	6,7	76,7	230	<1	1	13
25	81421	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	30,43	49,34	82	1,4	1450	210	<1	<1	5
26	81427	Гнилий Тікіч – Лоташівська ГЕС	31,01	48,85	151	0,7	3140	180	<1	1	7
27	81430	Велика Вись – с. Ямпіль	31,48	48,74	156	0,7	2820	180	<1	1	3
28	81433	Ятрань – с. Покотилово	30,37	48,63	99	1,5	2140	200	<1	<1	7
29	81434	Уманка – м. Умань	30,14	48,78	23	3,3	275	240	<1	1	7
30	81435	Циганка – с. Краснопілля	30,45	48,42	16	4,9	248	180	<1	1	12
31	81436	Сухий Ташлик – с. Липняжка	31,2	48,5	35	2,6	556	180	<1	<1	4
32	81437	Чорний Ташлик – с. Піщаний Брід	31,59	48,32	66	1,8	1830	0	<1	<1	2

Продовження табл. Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
33	81438	Чорний Ташлик –с. Тарасівка	31,46	48,32	117	1,3	2230	200	<1	<1	2
34	81439	Мертвовід – с. Крива Пустош	31,84	48,01	26	4,8	252	190	<1	<1	2
35	81442	Чичиклія – с. Василівка	30,39	47,72	42	2,4	436	140	<1	0	<1
36	81443	Чичиклія – с. Веселинове	30,7	47,61	110	1,4	1490	120	<1	<1	<1
37	81444	Гнилий Єланець –с. Женево-Криворіжжя	31,76	47,7	93	2,1	1190	110	<1	<1	<1
38	81446	Інгул – м. Кропивницький	32,15	48,65	38	1,0	840	170	<1	<1	2
39	81447	Інгул – с. Інгуло-Кам'янка	32,33	48,53	89	0,8	3080	170	<1	1	2
40	81448	Інгул – с. Василівка	32,21	48,47	101	0,8	3300	170	<1	<1	2
41	81449	Інгул – с. Седнівка	32,33	48,37	149	0,6	4770	160	<1	<1	2
42	81450	Інгул – с. Новогорожене	32,33	48,16	236	0,6	6670	150	<1	<1	1
43	81454	Громоклія –с. Михайлівка	32,1	47,72	93	2,0	1410	100	<1	<1	2
44	81336	Тилігул –с. Новоукраїнка	29,87	47,76	57	2,9	810	170	<1	0	<1
45	81338	Тилігул – с. Березівка	30,24	47,53	144	1,6	3170	120	<1	<1	<1
46	81475	Великий Куяльник – с. Северинівка	30,35	47,28	5	1,1	1840	100	<1	<1	5

Таблиця Е.2 – Групування гідрологічних постів районів по приналежності до гідрологічного району за умовами формування весняного водопілля річок в басейні річки Південний Буг та малих річок між Дністром та Південним Бугом

Номер району	Індекс поста	Річка-пункт
Район I	81343	Південний Буг – с. Чорнява
	81346	Південний Буг – с. Пирогівці
	81348	Південний Буг – с. Лелітка
	81352	Південний Буг – с. Сабарів
	81- 01	Південний Буг – с. Самчинці
	81361	Південний Буг – с. Тростянчик
	81376	Бужок – смт Меджибож
	81381	Іква – смт Стара Синява
	81386	Згар – смт Літин
	81390	Десна – с. Сосонка
	81393	Рів – с. Демидівка
81396	Соб – с. Зозів	
Район II (підрайон IIa)	81- 02	Удич – с. Ягубець
	81405	Дохна – с. Велика Кириївка
	81409	Синиця – смт Любашівка
	81411	Кодима – с. Обжила
	81420	Гірський Тікіч – с. Тальне
	81421	Маньківка – с. Кінашівка
81434	Уманка – м. Умань	
Район II (підрайон IIб)	81410	Синиця – с. Каменний Брід
	81408	Савранка – с. Осички
	81414	Кодима – с. Катеринка
	81417	Синюха – с. Синюхін Брід
	81421	Гнилий Тікіч – смт Лисянка
	81430	Велика Вись – с. Ямпіль



## Продовження табл. Е.2

Номер району	Індекс поста	Річка-пункт
Район ІІ (підрайон ІІб)	81433	Ятрань – с. Покотилово
	81435	Циганка – с. Краснопілля
	81438	Чорний Ташлик – с. Тарасівка
	81439	Мертвовід – с. Крива Пустош
	81442	Чичиклія – с. Василівка
	81446	Інгул – м. Кропивницький
	81447	Інгул – с. Інгуло-Кам'янка
	81449	Інгул – с. Седнівка
	81450	Інгул – с. Новогорожене
	81336	Тилігул – с. Новоукраїнка
Район ІІ (підрайон ІІв)	81444	Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя
	81454	Громоклія – с. Михайлівка
	81475	Великий Куяльник – с. Северинівка
	81338	Тилігул – с. Березівка

**Список використаних джерел у додатках**

1. 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.
2. Кліматичний кадастр України [CD-розробок]. Державна гідрометеорологічна служба. Київ: 2006.
3. Мокін В.Б., Крижановський Є.М., Марушевський Г.Б. Розробка екологічного атласу басейну річки Південний Буг, Вінниця, 2009. 19 с.
4. Ресурси поверхневих вод СРСР. Т.6. Україна і Молдавія. Вып.1. Западная Украина и Молдавия / [под ред. М.С. Каганера]. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1969. 884 с.