

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра гідрології та гідроекології

# Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник  
№ 3 (61)

Київ

2021

**ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:**

Період. наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. 2021. № 3 (61). 71 с.

**HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:**

Periodic scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2021. № 3(61). 71 p.

*У збірнику вміщено статті, в яких викладено методичні розробки, а також результати теоретичних та прикладних гідрологічних, гідрохімічних і гідроекологічних досліджень, що виконано в різних установах України.*

- Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” засновано у травні 2000 р.
- Зареєстровано Міністерством юстиції України 8 жовтня 2009 р. (наказ № 1806/5).
- Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 23968-13808ПР від 11 травня 2019 р.
- Наказом Міністерства освіти і науки України № 157 від 09.02.2021 р. включено до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 103 «Науки про Землю», галузь знань 10 «Природничі науки» (категорія Б).
- **Засновник:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
- Виходить чотири рази на рік.
- Науковий збірник реферується УРЖ «Джерело» (угода з ІПРІ НАН України – засновником УРЖ «Джерело», №245/17 від 6 листопада 2017 р.).

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
географічного факультету  
Київського національного університету  
(13 вересня 2021 р., протокол № 2)*

**Адреса видавця та редколегії:**

МСП 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 64,  
географічний факультет Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка,  
кафедра гідрології та гідроекології,  
Лук'янець Ользі Іванівні (з позначкою “Науковий збірник”).

Телефон редколегії: (044) 521-32-29.

**E-mail:** hydrozbirnyk-knu@ukr.net  
luko15\_06@ukr.net

**ISSN:2306-5680**

© Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2021

ISSN:2306-5680 Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 3 (61)

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

### ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

**Хільчевський Валентин Кирилович**, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

### ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

**Гребінь Василь Васильович**, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Горбачова Людмила Олександрівна**, доктор географічних наук, *Український гідрометеорологічний інститут*

**Линник Петро Микитович**, доктор хімічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*

**Ободовський Олександр Григорович**, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**Самойленко Віктор Миколайович**, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**Сніжко Сергій Іванович**, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**Хохлов Валерій Миколайович**, доктор географічних наук, *Одеський державний екологічний університет*

**Шакірзанова Жаннетта Рашидовна**, доктор географічних наук, *Одеський державний екологічний університет*

**Шевченко Ольга Григорівна**, доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

### МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Волчек Олександр Олександрович**, доктор географічних наук, *Брестський державний технічний університет (Республіка Білорусь)*

**Хабел Міхал (Habel Michał)** – PhD (Науки про Землю), *Інститут географії Університету Казимира Великого, м. Бидгощ, Польща*

### ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

**Лук'янець Ольга Іванівна**, кандидат географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

# З М І С Т

## ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### **Хільчевський В.К.**

Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014-2021 рр.) ..... 6

## ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

### **Москаленко С.О.**

Оцінка просторових взаємозв'язків середнього річного стоку води річок в межах правобережжя Прип'яті ..... 20

### **Дубняк С.С.**

Основні стадії та закономірності формування берегів великих рівнинних водосховищ ..... 28

### **Корнієнко В.О., Ободовський О.Г., Лук'янець О.І.**

Оцінка багаторічної мінливості середнього річного стоку води річок басейну Прип'яті в межах України та його розрахункові характеристики у фази водності..... 33

## ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЛОБАЛЬНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ

### **Сокур К.С., Паламарчук Л.В.**

Супутникові вимірювання інтенсивності опадів та їх верифікація..... 42

### **Пясецька С.І.**

Тенденції у розповсюдженні відкладень паморозі категорії НЯ (небезпечна) на території України протягом останнього тридцятиріччя 1991-2020 рр. .... 55

**ВИЙШЛИ З ДРУКУ** ..... 68

**Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”**..... 69

# CONTENTS

## GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

### *Khilchevskiy V.K.*

Water monitoring in Ukraine: methods for assessing water quality for various purposes in connection with changes in the regulatory framework (2014-2021)..... 6

## HYDROLOGY. WATER RESOURCES

### *Moskalenko S.O.*

Assessment of the spatial relationships of the average annual river water flow within the right bank of the Pripjat River..... 20

### *Dubnyak S.S.*

Main stages and regularities of coast formation of large plain reservoirs..... 28

### *Korniienko V., Obodovskiy O., Lukianets O.*

Estimation of long-term variability of the average annual water runoff of the rivers of the Pripjat basin in Ukraine and its calculated characteristics in the phases of water content..... 33

## GEOGRAPHICAL ASPECTS OF GLOBAL HYDROLOGICAL CYCLE RESEARCH

### *Sokur K., Palamarchuk L.*

Satellite measurements of precipitation intensity and their verification..... 42

### *Pyasetska S.I.*

Trends in the spread of frost deposits of the category DP (dangerous phenomena) on the territory of Ukraine during the last thirty years 1991-2020..... 55

PRINTED ..... 68

Presenting and official registration of the articles for the scientific periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology»..... 69

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.1>

УДК 556 + 614

**Хільчевський В.К.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

### **МОНІТОРИНГ ВОД В УКРАЇНІ: МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ РІЗНИХ ЦІЛЕЙ У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНАМИ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ (2014-2021 рр.)**

*Мета дослідження полягає у висвітленні підходів до нормативного оцінювання якості води для різних цілей (екологічних, гігієнічних та рибогосподарських) з урахуванням змін нормативної бази, що відбулися протягом 2014-2021 рр. і зумовлені підписанням Угоди про асоціацію між Україною та ЄС у 2014 р. Важливою особливістю стало скасування чинності актів санітарного законодавства УРСР та СРСР (від 2017 р.), які тривалий час застосовувалися в Україні (розпорядженням Кабінету Міністрів України). Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (2016 р.) вніс доповнення у Водний кодекс України, які стосуються гідрографічного районування та моніторингу вод згідно положень Водної рамкової директиви ЄС. У 2018 р. постановою Кабінету Міністрів України затверджено «Порядок здійснення державного моніторингу вод». У 2019 р. Мінприроди України затвердило нормативну «Методику віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод». Якщо при оцінюванні якості вод для екологічних цілей зроблено відхід від гранично допустимих концентрацій, то в інших сферах водокористування нормативи ГДК залишаються актуальними.*

***Ключові слова:** моніторинг вод, якість води, нормативне оцінювання, цілі - екологічні, гігієнічні, рибогосподарські, Україна.*

**Актуальність теми.** Оцінювання якості води завжди базується на певних нормативах. Нормування – це встановлення у директивному порядку регламентованих величин, допустимих меж того чи іншого показника. Нормативи якості води - встановлені у директивному порядку значення показників якості води (фізичні, хімічні, біологічні), що відповідають певним вимогам, при яких надійно захищається здоров'я людини, створюються сприятливі умови для різних видів водокористування, охорони вод та екологічного благополуччя водного об'єкта. Нормативні методики оцінювання якості води – це затверджені у директивному порядку документи, в основу яких покладено нормативи якості води. Використання нормативних методик є обов'язковою умовою при проєктуванні, складанні офіційних довідок та заключень тощо.

За останні роки в Україні відбулося багато змін, які стосуються як моніторингу вод, так і нормативних методів і методик оцінювання якості води для різних цілей, що зумовлено курсом на інтеграцію з методичними підходами у цій сфері в Європейському Союзі. Значним стимулом цього процесу стало підписання в 2014 р. Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, що зумовило реформування багатьох сфер діяльності, в тому числі й пов'язаної з управлінням водними ресурсами та їхньою якістю. Нижче коротко зупинимося на деяких аспектах.

- 1 лютого 2015 р. набув чинності ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [5].

- 1 січня 2017 р. скасовано чинність актів санітарного законодавства УРСР та СРСР, що стало важливою особливістю нормування якості води для різних цілей на сучасному етапі [23]. Тому, приступаючи до оцінювання якості води для гігієнічних цілей, слід керуватися розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства» від 20.01.2016 р. № 94-р, яким визнано такими, що не застосовуються на території України, акти санітарного законодавства, видані центральними органами

виконавчої влади УРСР та СРСР, в тому числі санітарні правила і норми [23]. У 2017 р. ліквідовано Державну санітарно-епідеміологічну службу (постанова Кабінету Міністрів України від 29 березня 2017 р. № 348). Виконання її функцій забезпечують МОЗ, Держслужба з питань праці та Держпродспоживслужба.

- У 2017 р. МОЗ України розробив проєкт «Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення» [24] з переліком гранично допустимих концентрацій 1346 речовин. На час написання даної статті (вересень 2021 р.) нормативи не було прийнято. У разі затвердження, цей документ замінить скасовані СанПіН 4630-88 МОЗ СРСР [25].

- У 2018 р. затверджено «Порядок здійснення державного моніторингу вод» (постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 р. № 758) [21].

- У 2019 р. затверджена «Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод» (наказ Мінприроди України від 14.01.2019 р. № 5) [12]. Ці два документи привнесли радикальні зміни в сферу моніторингу вод та екологічного оцінювання якості вод в Україні.

- 1 жовтня 2019 р. набув чинності стандарт ДСТУ 2439:2018 «Хімічні елементи та прості речовини. Терміни та визначення основних понять, назви й символи», у якому повернуто більшість українських назв хімічних елементів та правило написання назв елементів з маленької літери [7]. Новий стандарт хімічних термінів замінив ДСТУ 2439-94, який діяв протягом 1994-2019 рр.. Досвід вживання латинізованих назв елементів було визнано незадовільним. Нагадаємо також про необхідність вірного написання терміну «йон», який часто в публікаціях зустрічається як «іон».

Аналіз публікацій показує, що значна кількість дослідників проявляє інтерес до оцінювання якості води річок, озер, водосховищ, ставів. Є праці, в яких наводяться характеристики води природних водних джерел. Але треба зазначити, що не всі автори мають чітке уявлення про сучасний стан нормативної бази в сфері оцінювання якості води для різних цілей. В низці публікацій, що вийшли протягом 2017-2021 рр., можна зустріти застосування для оцінювання якості води застарілих методик і нормативних документів, що втратили чинність в Україні (ГОСТи та СанПіНи СРСР тощо). Тому висвітлення сучасних підходів стосовно нормативного оцінювання якості води в Україні є питанням надзвичайно актуальним.

**Аналіз виконаних досліджень.** Питання адаптації системи моніторингу поверхневих вод гідрометеорологічних організацій в Україні до положень Водної рамкової директиви (ВРД) ЄС розглянуто в публікації Н.М. Осадчої та ін. [18]. Сучасному гігієнічному нормуванню води водойм присвячено публікацію В.В. Зайцева [8]. Комплексні праці з висвітлення підходів у сфері оцінювання якості води для різних цілей (екологічних, гігієнічних, рибогосподарських), в яких були враховані зміни нормативної бази останніх років в Україні, відсутні.

*Мета даного дослідження* – висвітлення методів нормативної оцінки якості води для різних цілей (екологічних, гігієнічних та рибогосподарських), а також питної води з урахуванням змін нормативної бази в Україні, що відбулися в 2014-2021 рр. Важливість даного дослідження вбачається також у необхідності донесення узагальненої інформації до широкого кола авторів, які проявляють інтерес до питань якості води.

*Матеріали та методи дослідження.* Публікацію підготовлено на основі узагальнення матеріалів чинних нормативних документів, що діють в Україні (ДСТУ, ДсанПіН та ін.), затверджених методик, документів Європейського Союзу, а також особистого досвіду автора, пов'язаного з багаторічною дослідницькою та викладацькою діяльністю у сфері гідрохімії та оцінювання якості вод.

#### **Виклад основного матеріалу**

*Водний об'єкт* - природний або створений штучно елемент довкілля, в якому зосереджуються води: море, річка, озеро, водосховище, став, канал, водоносний горизонт.

Поверхневі водні об'єкти поділяються на водотоки (з постійним або тимчасовим рухом води в руслі, наприклад, річка) і водойми (безстічні, або з уповільненим водообміном водні об'єкти, наприклад, озеро). Водотоки: природні (струмок, річка); штучні (канали). Водойми:

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 3 (61)**

природні (озеро, море); штучні (став, водосховище). Загальна кількість річок в Україні: 63119 (серед них 8 – великих); озер – бл. 20 тис.; водосховищ – 1054; ставів – 50793 [28]. Необхідно дотримуватися термінологічної диференціації водних об'єктів, оскільки є публікації, в яких невірно вживається термін «водойма», коли мова йде про річку.

*Водні ресурси* (у практичному розумінні) - це поверхневі та підземні води, які знаходяться у водних об'єктах і використовуються або можуть бути використані людиною [26, 33]. Найважливішими характеристиками водних ресурсів є їхня кількість та якість. Загальні водні ресурси (транзитний і внутрішній поверхневий стік та підземні води) в Україні становлять – 175,3 км<sup>3</sup>/рік (3964 м<sup>3</sup>/рік/людину); внутрішні – 55,1 км<sup>3</sup>/рік (1246 м<sup>3</sup>/рік/людину) [29].

*Якість води водного об'єкта* – це поєднання хімічного і біологічного складу і фізичних властивостей води, що визначає її придатність для конкретних видів водокористування: господарсько-питного, культурно-побутового (рекреаційного), рибогосподарського (рис. 1). Загальною оцінкою стану водного об'єкта слугує екологічна оцінка якості води. Якість питної води, призначеної для споживання людиною, розглядається окремо. При централізованому водопостачанні питна вода є продуктом спеціальної підготовки на водопровідній станції.



**Рис. 1. Схема оцінювання якості води водного об'єкта для різних цілей, 2021 р. (джерело: розроблено автором)**

У разі затвердження МОЗ України «Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення» [24], схема на рис. 1 може бути дещо підкорегована.

## **1. Державний моніторинг вод та екологічні цілі оцінювання якості води**

### **1.1. З історії моніторингу вод**

Щоб зрозуміти суть реформування державного моніторингу вод (ДМВ), яке відбувається в Україні, починаючи з 2016 р., треба коротко звернутися до історії питання. Адже ще в 1930-і рр. було розпочато відбір проб води на хімічний аналіз на деяких гідрологічних постах системи гідрометслужби колишнього СРСР з подальшим розміщенням даних в «Гідрологічних щорічниках» [27].

На початку 1970-х рр. на території колишнього СРСР була створена система гідрохімічного моніторингу водних об'єктів в рамках загальнодержавної системи спостереження і контролю за довкіллям [16]. Зокрема в Україні виходили щоквартальні «Гідрохімічні бюлетені» (з 1980-х рр. – «Щорічні дані про якість поверхневих вод України») з розширеним переліком пунктів спостереження за поверхневими водами і діапазоном хімічних компонентів (у тому числі забруднювальних речовин), а також деякими



гідробіологічними показниками, які видавало Українське управління по гідрометеорології і контролю природного середовища Державного комітету з гідрометеорології СРСР на основі даних спостережень мережі.

Цей методичний підхід зберігався в системі гідрометслужби України й після 1991 р., не дивлячись на зміни її відомчої приналежності – з 2011 р. гідрометеорологічні організації Державної служби України з надзвичайних ситуацій В 2016 р. в системі гідрометеорологічних організацій ДСНС України був 201 пункт моніторингу якості поверхневих вод [19].

Одним з основних нормативних документів для гігієнічного оцінювання якості води були «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» (СанПиН 4630-88), затверджені Мінздравом СРСР у 1988 р. [24].

В 1998 р. колективом авторів з Інституту гідробіології НАН України, Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем (УкрНДІЕП) та Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем була розроблена «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [14]. В 2001 р. - «Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» [13]. І хоча Мінекоресурсів України рекомендувало ці методики до застосування, вони не стали нормативними в тодішньому Держводгоспі або гідрометслужбі. Там використовували відомий з 1970-х рр. ІЗВ – індекс забруднення вод [31, 32]. В 2012 р. авторським колективом УкрНДІЕП було розроблено проєкт вдосконаленої «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [15], але в Мінприроди України вона не була затверджена.

Методика [14] широко застосовується в дослідницьких цілях, але в «урізаному» вигляді. Блок трофо-сапробіологічних показників ( $I_2$ ) повноцінно не розглядається, оскільки на мережі моніторингу вод в Україні не велися спостереження за гідробіологічними та бактеріологічними показниками - основою цього блоку.

**1.2. Порядок здійснення державного моніторингу вод в Україні на основі положень Водної рамкової директиви (ВРД) ЄС, затвердженої в 2018 р.**

У 2016 р. Верховна Рада України прийняла Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» [9], в якому імплементовано низку положень ВРД ЄС [2], які стосуються гідрографічного районування [30] та моніторингу вод, внесено зміни до Водного кодексу України [1].

У 2017 р. затверджено «Перелік забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод» (для поверхневих вод – 45 речовин; для підземних – 15; для штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод – 14) [20].

У 2018 р. постановою Кабінету Міністрів України затверджено «Порядок здійснення державного моніторингу вод» [21].

Згідно [21] виділяються наступні види державного моніторингу вод (ДМВ) суші:

- *діагностичний, операційний, дослідницький.*

Види державного моніторингу морських вод:

- *базовий оціночний, супровідний, дослідницький.*

**Об'єктами ДМВ** є масиви поверхневих вод суші і підземних вод та морські води [21]. **Масив поверхневих вод (МПВ)** – спеціально визначений поверхневий водний об'єкт або його частина, він має бути окремою та значущою частиною водного об'єкта. МПВ може бути віднесений до однієї з п'яти категорій:

- 1) річки; 2) озера; 3) перехідні води; 4) прибережні води; 5) штучні або істотно змінені масиви поверхневих вод [11].

Програма ДМВ передбачає контроль за чотирма групами показників:

- *1) біологічними; 2) фізико-хімічними; 3) хімічними; 4) гідроморфологічними.*

На підставі даних та інформації, отриманих в результаті здійснення ДМВ масивів поверхневих та підземних вод, визначаються екологічний та хімічний стан МПВ, екологічний потенціал штучних або істотно змінених МПВ, кількісний і хімічний стан масивів підземних вод, з урахуванням чого розробляються плани управління річковими басейнами [22] та оцінюється рівень досягнення запланованого екологічного стану.

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 3 (61)**

Для морських вод, визначається їхній екологічний стан, розробляється морська стратегія та оцінюється прогрес у досягненні «доброго» екологічного стану морських вод в межах виключної морської економічної зони та територіального моря України.

Провідним відомством з ведення державного моніторингу вод визначено Міндовкілля України за безпосередньої участі Держводагентства, Держгеонадра, гідрометеорологічних організацій ДСНС України та ін.

1.3. *Методика оцінювання масиву поверхневих вод за класами екологічного та хімічного станів (табл. 1).*

**Таблиця 1. Структура «Методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод», 2019 р. [12]**

№ розділу	Назва розділу	Додатки до розділу
I	Загальні положення	-
II	Визначення екологічного стану масиву поверхневих вод	1. Перелік біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників для визначення екологічного стану масиву поверхневих вод
		2. Критерії віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного стану
		3. Характеристика класів екологічного стану за біологічними, гідроморфологічними, хімічними та фізико-хімічними показниками
III	Порядок визначення екологічного стану масиву поверхневих вод	4. Алгоритм визначення екологічного стану масиву поверхневих вод
		5. Узагальнене визначення екологічного стану масиву поверхневих вод
		6. Остаточне визначення екологічного стану масиву поверхневих вод
IV	Визначення екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод	7. Біологічні та фізико-хімічні показники, за якими здійснюється визначення екологічного потенціалу для штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод
V	Визначення хімічного стану	8. Екологічні нормативи якості для визначення хімічного стану масиву поверхневих вод
		9. Алгоритм визначення хімічного стану масиву поверхневих вод
VI	Визначення загального стану масиву поверхневих вод та встановлення рівнів надійності визначення стану масиву поверхневих вод	10. Алгоритм визначення загального стану масиву поверхневих вод
		11. Критерії для встановлення надійності правильного визначення екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод
VII	Основні принципи визначення референційних умов	-

У 2019 р. Мінприроди України затвердило нормативну «Методику віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод» [12] (див. табл. 1).

Для класифікації екологічного стану МПВ використовуються п'ять класів (від «відмінного» до «дуже поганого»). При графічному відображенні кожен клас екологічного стану МПВ позначається відповідним кольором:

- I клас - відмінний (синій);
- II клас - добрий (зелений);
- III клас - задовільний (жовтий);
- IV клас - поганий (помаранчевий);
- V клас - дуже поганий (червоний).

Ключовим аспектом при визначенні екологічного стану МПВ є те, що не використовуються ГДК. Натомість застосовуються показники, отримані для «референційних умов» - умов, що відображають стан навколишнього природного середовища за відсутності або мінімального антропогенного впливу [12]. Для порівняння - в гідрохімії при визначенні антропогенного впливу на йонний стік давно використовується близьке поняття «відносний гідрохімічний фон» [30].

Критерії віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного стану наведено у табл. 2.

**Таблиця 2. Критерії віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного стану, 2019 р. [12]**

Екологічний стан				
Відмінний	Добрий	Задовільний	Поганий	Дуже поганий
Значення біологічних показників відповідають значенням, характерним для масиву поверхневих вод у референційних умовах, мають тенденцію до дуже незначних змін. Відсутні або виявлені дуже незначні антропогенні зміни значень гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників порівняно з величинами, характерними для масиву поверхневих вод в референційних умовах	Значення біологічних показників масиву поверхневих вод вказують на низькі рівні антропогенного впливу і мало відхиляються від значень, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах. Концентрації хімічних та фізико-хімічних показників не перевищують екологічних нормативів якості, встановлених для екологічного стану «добрий»	Значення біологічних показників масиву поверхневих вод помірно відхиляються від значень, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах. Ці значення мають помірну тенденцію до відхилення в результаті антропогенного впливу та мають значно більші відхилення порівняно з умовами стану «добрий». Концентрації хімічних та фізико-хімічних показників перевищують екологічні нормативи якості, встановлені для екологічного стану «задовільний»	Спостерігаються значні зміни щодо значень біологічних показників та значні відхилення від норм відповідних біологічних популяцій, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах	Спостерігаються дуже сильні зміни щодо біологічних показників, відсутність великої частини відповідних біологічних ценозів, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах

У статті наведено лише фрагменти методики [12], оскільки обсяг даної публікації не дозволяє розглянути її ширше. Як видно з табл. 1 і 2, ця методика достатньо непроста і для її освоєння вимагається спеціальне ретельне опрацювання всіх розділів і додатків.

Слід зауважити, що вся система нового державного моніторингу вод [21] є значно складнішою в організаційному і методологічному відношенні ніж всі попередні, які застосовувалися на території України. За умови її належної організації, результати мають також бути значно ефективнішими.

Основним стратегічним документом у сфері управління водними ресурсами є *план управління річковим басейном*, який розробляється державою з метою впровадження інтегрованого управління водними ресурсами в річкових басейнах [22]. Метою плану управління річковим басейном є досягнення екологічних цілей, визначених для кожного району річкового басейну, в установлені строки. Плани управління річковими басейнами затверджуватиме Кабінет Міністрів України (заплановано на 2024 р.).

## **2. Гігієнічні цілі оцінювання якості води водних об'єктів**

Для гігієнічних цілей актуальним залишається оцінювання якості води за гранично-допустимими концентраціями (ГДК) деяких шкідливих речовин у воді водних об'єктів, які

містяться у відповідних нормативних документах.

### *2.1. Нормування якості води при виборі джерела водопостачання*

Нормування якості води при виборі джерела водопостачання відбувається за ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» [6]. Водні об'єкти, якість води в яких відповідає комплексу гігієнічних, епідеміологічних, екологічних та технологічних вимог, використовуються чи можуть бути використані для централізованого питного водопостачання.

Відповідність водного об'єкта вимогам, встановленим до джерел питного водопостачання, визначають на основі двох класифікацій (для поверхневих і підземних вод), які включають: гігієнічне та екологічне оцінювання умов формування і ступеня захищеності підземного джерела водопостачання у межах поясів зон санітарної охорони; гігієнічне та екологічне оцінювання поверхневого джерела водопостачання, а також прилеглої території вище і нижче водозабору за течією води у межах поясів зон санітарної охорони; якісне оцінювання на підставі аналізів проб води, які відбиралися щомісячно протягом останніх 3-х років, та кількісне оцінювання запасів води у джерелах водопостачання; санітарне оцінювання місця розміщення водозабору; прогнозування гігієнічного та екологічного стану джерел водопостачання [6].

*Класифікація якості поверхневих вод* – джерел централізованого питного водопостачання за гігієнічними та екологічними критеріями охоплює 80 показників, які застосовують для оцінювання якості питної води згідно з санітарним законодавством, і має сім окремих груп (блоків): I група – 4 органолептичні показники; II група – 17 загальносанітарних показників хімічного складу води; III група – 6 гідробіологічних показників; IV група – 6 мікробіологічних показників; V група – 2 паразитологічні показники; VI група – 9 показників радіаційної безпеки; VII група – 36 пріоритетних токсикологічних показників хімічного складу води (з них: 25 – неорганічних та 11 – органічних компонентів).

*Класифікація якості підземних вод* – джерел централізованого питного водопостачання за гігієнічними та екологічними критеріями охоплює 71 показник, що застосовують для оцінювання якості питної води відповідно до санітарного законодавства, і має сім окремих груп: I група – 4 органолептичні показники; II група – 14 загальносанітарних показників хімічного складу води; III група – 2 гідробіологічні показники; IV група – 6 мікробіологічних показників; V група – 2 паразитологічні показники; VI група – 9 показників радіаційної безпеки; VII група – 34 пріоритетні токсикологічні показники хімічного складу води (з них: 27 – неорганічних та 7 – органічних компонентів) [6].

В обох класифікаціях діапазон значень показників (критеріїв) якості води включає чотири класи: 1 клас – відмінна, бажана якість води; 2 клас – добра, прийнятна якість води; 3 клас – задовільна, прийнятна якість води; 4 клас – посередня, обмежено придатна, небажана якість води.

### *2.2. Нормування якості води водних об'єктів для господарсько-питного і культурно-побутового (рекреаційного) водокористування*

Цей вид нормування відбувається із застосуванням «Гігієнічних вимог до складу та властивостей води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування», які є додатком 11 до «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» (ДСП 173-96), затверджених наказом МОЗ України від 19.06.1996 р. №173, зі змінами – наказ МОЗ України від 18.05.2018 р. № 952 [4].

У ДСП 173-96 наведено гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів у пунктах, призначених: 1) для господарсько-питного водокористування - централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також водопостачання харчових підприємств; 2) для культурно-побутового водокористування – купання, спорту та відпочинку населення, а також водойм в межах населених пунктів.

Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів у пунктах, призначених для господарсько-питного і культурно-побутового водокористування, встановлено за наступними показниками: суспензовані речовини; плаваючі домішки (речовини); запахи; забарвлення; температура; рН; мінералізація; БСК<sub>повне</sub>; ХСК; збудники захворювань; лактозопозитивні кишкові палички; коліфаги; життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокар), онкосфери теніїд та життєздатні цисти патогенних

кишкових найпростіших; хімічні речовини – не повинні міститися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР (орієнтовно допустимі рівні) [4].

2.3. *Проект: Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (2017 р.)* [24]. У разі затвердження, ці нормативи мають замінити скасовані СанПіН 4630-88 [25], які мали перелік з 1345 речовин.

У проекті «Гігієнічних нормативів якості води...», розроблених МОЗ України в 2017 р. як майбутній ДСанПіН, характеристика водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення наведена за наступними категоріями водокористування: 1) для централізованого або нецентралізованого питного водопостачання, а також для водопостачання харчових підприємств; 2) для господарсько-побутового водокористування та в оздоровчих, рекреаційних, спортивних цілях, а також для водних об'єктів в межах населених пунктів.

Нормативи встановлено за наступними показниками: завислі речовини; плаваючі домішки (речовини); запахи; забарвлення; температура; рН; мінеральний склад; розчинений кисень; БСК<sub>20</sub>; ХСК; збудники захворювань; лактозопозитивні кишкові палички (ЛПК); коліфаги; життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокар, фасціол), онкосфери теніїд та життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших; хімічні речовини – не повинні міститися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР [24]. Ці показники, практично, співпадають з додатком 11 до «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» (ДСП 173-96) [4].

В проекті «Гігієнічних нормативів якості води...» розроблено також перелік граничних норм вмісту хімічних речовин у воді водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення, який налічує 1346 речовин, розташованих за алфавітом (наведено ГДК речовини, лімітуюча ознака шкідливості, клас небезпеки).

### **3. Рибогосподарські цілі оцінювання якості води водних об'єктів**

Якість води водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства оцінюється із застосуванням «Нормативів екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню – БСК<sub>5</sub>, хімічного споживання кисню – ХСК, завислих речовин та амонійного азоту)», затверджених наказом Мінагрополітики України від 30.07.2012 р. № 47 [17].

Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства встановлено за трьома позиціями: 1) морські води; 2) природні прісні води; 3) вода рибницьких ставів. Нормативними є наступні п'ять показників: БСК<sub>5</sub>; ХСК; завислі речовини; амонійний азот (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>); мінеральний фосфор (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) [17].

У табл. 3 зведено нормативні методики та інші документи, які застосовуються для оцінювання якості води для різних цілей на сучасному етапі.

### **4. Нормування якості питної води**

Питна вода – вода, призначена для споживання людиною (водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел), для використання споживачами для задоволення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб, а також для виробництва продукції, що потребує її використання, склад якої за органолептичними, мікробіологічними, паразитологічними, хімічними, фізичними та радіаційними показниками відповідає гігієнічним вимогам. Питна вода не вважається харчовим продуктом в системі питного водопостачання та в пунктах відповідності якості питної води [10].

Якість питної води нормується двома основними документами: ДСанПіН 2.2.4-171-10 (затверджено в 2010 р.) [3]; ДСТУ 7525:2014 (чинний від 01.02.2015 р.) [5].

4.1. У *Державних санітарних правилах і нормах (ДСанПіН 2.2.4-171-10)* «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (2010 р.) наведено нормативи для трьох видів питної води: 1) водопровідної; 2) з колодязів та каптажів джерел; 3) фасованої, з пунктів розливу та бюветів [3]. Нормативи встановлено для наступних груп показників безпечності та якості питної води: а) епідемічної безпеки – 11; б) санітарно-хімічні – 66; в) радіаційні – 8 показників.

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 3 (61)

Таблиця 3. Нормативні документи, які застосовуються для оцінювання якості води для різних цілей в Україні у зв'язку зі змінами нормативної бази в 2014-2021 рр. (джерело: укладено автором за [ 3-6, 12, 17])

Нормування якості води водних об'єктів для різних цілей			Нормування якості питної води
Екологічні	Гігієнічні		
	господарсько-питне водокористування	культурно-побутове водокористування	
Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод...[12]*	ДСП 173-96: Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів . <i>Додаток 11:</i> Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування [4]		Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства... [ 17]
	ДСТУ 4808:2007: Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [6]		
			ДСанПіН 2.2.4-171-10: Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [3]
			ДСТУ 7525:2014: Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості [5]

*Примітка.* [12]\* - номер джерела у бібліографічному списку літератури

4.2. У ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» наведено нормативи для двох видів питної води: 1) вода систем централізованого питного водопостачання; 2) вода нецентралізованого питного водопостачання (нефасована, фасована) [5]. Нормативи встановлено для наступних груп показників безпечності та якості питної води: а) мікробіологічні, вірусологічні, паразитологічні та мікологічні – 12 показників; б) показники рівня токсичності – 4; в) радіаційної безпеки – 2; г) органолептичні – 4; д) хімічні показники, що впливають на органолептичні властивості – 17; е) токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу – 50.

### Висновки

1. Протягом 2014-2021 рр. відбулися суттєві зміни, які стосуються як моніторингу вод, так і нормативних методів оцінювання якості вод для різних цілей, що зумовлено курсом профільних українських структур на інтеграцію з методичними підходами у цій сфері в Європейському Союзі.

2. В Україні втратили чинність акти санітарного законодавства УРСР та СРСР - з 1 січня 2017 р. (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.01.2016 р. № 94-р).

3. У 2018 р. затверджено «Порядок здійснення державного моніторингу вод» (постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 р. № 758.).

4. У 2019 р. затверджена «Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод (наказ Мінприроди України від 14.01.2019 р. № 5), яка розроблена на основі положень Водної рамкової директиви ЄС і є нормативною для екологічного оцінювання якості води водних об'єктів.

5. Гігієнічна оцінка якості води водних об'єктів для господарсько-питного і культурно-побутового водокористування здійснюється з використанням ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» - додаток 11 «Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування (наказ МОЗ України від 19.06.1996 р. №173) та ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання».

6. Необхідним є затвердження МОЗ України «Гігієнічних нормативів якості води

водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення», проєкт яких було розроблено в 2017 р., оскільки зі скасуванням СанПіН 4630-88 утворився нормативний вакуум у цій сфері.

7. Нормування якості питної води здійснюється згідно ДсанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (наказ МОЗ України від 12.05.2010 р. № 400) та ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».

8. Нормативні методики зобов'язані використовувати профільні структури, які покликані виконувати оцінювання якості води. Їх мають застосовувати і дослідники при вивченні питань, пов'язаних з якістю води.

#### Список літератури

1. Водний кодекс України, 1995. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

2. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради: Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики, від 23 жовтня 2000 р. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text)

3. ДСанПіН 2.2.4-171-10: Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною / Затверджено наказом МОЗ України від 12.05.2010 р. № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

4. ДСП 173-96: Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: Додаток 11 «Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування» / Затверджено наказом МОЗ України від 19.06.1996 р. №173, зі змінами - накази МОЗ України від 2007, 2009, 2018 рр. - Документ z0379-96, поточна редакція від 07.03.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>

5. ДСТУ 7525:2014: Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. К.: Мінекономрозвитку України. 28 с.

6. ДСТУ 4808:2007: Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=53159](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=53159)

7. ДСТУ 2439:2018: Хімічні елементи та прості речовини. Терміни та визначення основних понять, назви й символи». [Чинний від 01.10.2019] - К.: ДП УкрНДНЦ, 2019. 12 с.

8. *Зайцев В.В.* Особливості гігієнічного нормування води водоймищ при здійсненні державного моніторингу // Збірка тез доп. наук.-практ. конф. «Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України» (п'ятнадцяті марзєєвські читання). К.: 2019. Вип. 19. С. 103-105.

9. Закон України: Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом, 2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19#Text>

10. Закон України: Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення, 2002. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>

11. Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод / Затверджено наказом Мінприроди України від 14.01.2019 р. № 4. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0287-19#Text>

12. Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод / Затверджено наказом Мінприроди України від 14.01.2019 р. № 5. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text>

13. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / *В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк* та ін. К.: Мінекоресурсів України, 2001. 48 с.

14. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / *В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк* та ін. К.: Символ-Т, 1998. 28 с.

15. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (проєкт). / *А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко* та ін. Харків: УкрНДІЕП, 2012. 37 с.

16. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоёмов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Л.: Гидрометеоздат, 1984, 40 с.

17. Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню - БСК-5, хімічного споживання кисню -

ХСК, завислих речовин та амонійного азоту) / Затверджено наказом Мінагрополітики України від 30.07.2012 р. № 471. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1369-12#Text>

18. *Осадча Н.М., Клебанова Н.С., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б.* Адаптація системи моніторингу поверхневих вод державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень Водної рамкової директиви ЄС // Наукові праці УкрНДГМІ, 2008, Вип. 257. С. 146-161.

19. *Осадчий В.І., Хільчевський В.К., Манукало В.О.* Національна гідрометеорологічна служба в Україні – століття системних спостережень та прогнозів (1921-2021 роки) // Український географічний журнал. 2021, 3. С. 3-11. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.03.003>

20. Перелік забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод. / Затверджено наказом Мінприроди і України від 06.02.2017 р. № 45. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0235-17#Text>

21. Порядок здійснення державного моніторингу вод / Затверджено постановою КМ України від 19.09.2018 р. № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>

22. Порядок розроблення плану управління річковим басейном. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/249999756>

23. Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства / Розпорядження КМ України від 20.01.2016 р. № 94-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D1%80#Text>

24. Проект: Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. МОЗ України, 2017. URL: [http://csm.kiev.ua/images/stories/2017/document/proekt\\_gigien\\_vodi.pdf](http://csm.kiev.ua/images/stories/2017/document/proekt_gigien_vodi.pdf)

25. СанПиН 4630-88: Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v4630400-88#Text>

26. *Хільчевський В.К.* Глобальні водні ресурси: виклики XXI століття // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2020. 1/2 (76/77). С. 6-16. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2020.76-77.1>

27. *Хільчевський В.К.* Нариси історії гідрохімії в Україні. К.: ДІА, 2020. 136 с.

28. *Хільчевський В.К.* Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1(59). С. 17-27. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.2>

29. *Хільчевський В.К.* Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021 № 1(59). С. 6-16. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.1>

30. *Хільчевський В.К., Гребінь В.В.* Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р.– реалізація положень ВРД ЄС // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 1(44). С. 8-20.

31. *Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р.* Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навч. посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 75 с.

32. *Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М.* Основи гідрохімії: підручник. К.: Ніка-Центр, 2012. 312 с.

33. *Khilchevskiy V., Karamushka, V.* 2021. Global Water Resources: Distribution and Demand. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (eds) Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, 2021. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8\\_101-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8_101-1)

## References

1. Vodnyi kodeks Ukrainy, 1995 [Water Code of Ukraine, 1995]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

2. Dyrektyva 2000/60/leS Yevropeiskoho Parlamentu i Rady: Pro vstanovlennia ramok diialnosti Spivtovarystva v haluzi vodnoi polityky, vid 23 zhovtnia 2000 r. [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy]. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text)

3. DSanPiN 2.2.4-171-10: Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption] / Zatverdzheno nakazom MOZ Ukrainy vid 12.05.2010 r. № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

4. DSP 173-9: Derzhavni sanitarni pravyla planuvannia ta zabudovy naselenykh punktiv: Dodatok 11: Hihienichni vymohy do skladu ta vlastyvostei vody vodnykh obiektiv v punktakh hospodarsko-pytnoho i kulturno-pobutovoho vodokorystuvannia [State sanitary rules of planning and development of settlements: Annex 11: Hygienic requirements for the composition and properties of water of water bodies in points of



economic and drinking and cultural and domestic water use] / Zatverdzheno nakazom MOZ Ukrainy vid 19.06.1996 r.. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>

5. DSTU 7525:2014: Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannia yakosti [Drinking water. Requirements and methods of quality control]. K.: Minekonomrozyvtku Ukrainy. 28 s.

6. DSTU 4808:2007: Dzherela tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia [Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and selection rules]. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=53159](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=53159)

7. DSTU 2439:2018: Khimichni elementy ta prosti rehovyny. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat, nazvy y symvoly [Chemical elements and simple substances. Terms and definitions of basic concepts, names and symbols] (Chynnyi vid 01.10.2019). K.: DP «UkrNDNTs», 2019. 12 s.

8. *Zaitsev V.V.* Osoblyvosti hihienichnogo normuvannia vody vodoimyshch pry zdiisneni derzhavnogo monitorynhu [Peculiarities of hygienic rationing of water in reservoirs during state monitoring] // Zbirka tez dop. nauk.-prakt. konf. «Aktualni pytannia hromadskoho zdorovia ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy» (piatnadtsiati marzieievski chytannia). K.: 2019. Vyp. 19. S. 103-105.

9. Zakon Ukrainy: Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo zaprovadzhennia integrovanykh pidkhodiv v upravlinni vodnymy resursamy za baseinovym pryntsyptom [Law of Ukraine: On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Concerning the Introduction of Integrated Approaches in Water Resources Management on the Basin Principle]. 2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19#Text>

10. Zakon Ukrainy: Pro pytnu vodu, pytne vodopostachannia ta vodovidvedennia» [Law of Ukraine: On drinking water, drinking water supply and drainage], 2002. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>

11. Metodyka vyznachennia masyviv poverkhnevyykh ta pidzemnykh vod [Methodology for determining surface and groundwater bodies] / Zatverdzheno nakazom Minpryrody Ukrainy vid 14.01.2019 r. № 4. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0287-19#Text>

12. Metodyka vidnesennia masyvu poverkhnevyykh vod do odnogo z klasiv ekolohichnogo ta khimichnogo staniv masyvu poverkhnevyykh vod, a takozh vidnesennia shtuchnogo abo istotno zminenoho masyvu poverkhnevyykh vod do odnogo z klasiv ekolohichnogo potentsialu shtuchnogo abo istotno zminenoho masyvu poverkhnevyykh vod [Methodology for assigning surface water bodies to one of the classes of the ecological and chemical states of surface water bodies, as well as assigning an artificial or substantially altered surface water body to one of the classes of the ecological potential of an artificial or substantially altered surface water bodies] / Zatverdzheno nakazom Minpryrody Ukrainy vid 14.01.2019 r. № 5. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text>

13. Metodyka vstanovlennia i vykorystannia ekolohichnykh normatyviv yakosti poverkhnevyykh vod sushi ta estuariiv Ukrainy [Methodology of establishing and using environmental standards for surface water quality of land and estuaries of Ukraine] / *V.D. Romanenko, V.M. Zhukynskyi, O.P. Oksiuk* ta in. K.: Minekoresursiv Ukrainy, 2001. 48 s.

14. Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymi katehoriiami [Methodology of ecological assessment of surface water quality by relevant categories] / *V.D. Romanenko, V.M. Zhukynskyi, O.P. Oksiuk* ta in. K.: Symvol-T, 1998. 28 s.

15. Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymi katehoriiami (proekt). [Methodology of ecological assessment of surface water quality by relevant categories (project)] / *A.V. Hrytsenko, O.H. Vasenko, H.A. Vernichenko* ta in. Kharkiv: UkrNDIEP, 2012. 37 s.

16. Metodicheskie ukazaniya po principam organizatsii systemy` nablyudenij i kontrolya za kachestvom vody` vodoyomov i vodotokov na seti Goskomgidrometa v ramkakh OGSNK [Guidelines on the principles of organizing a system for monitoring and monitoring the quality of water in reservoirs and watercourses on the Goskomgidromet network within the OGSNK]. L.: Gidrometeoizdat, 1984, 40 s.

17. Normatyvy ekolohichnoi bezpeky vodnykh obektiv, shcho vykorystovuiutsia dlia potreb rybnogo hospodarstva shchodo hranychno dopustymykh kontsentratsii orhanichnykh ta mineralnykh rehovyn u morskykh ta prisnykh vodakh (biokhimichnogo spozhyvannia kysniu - BSK-5, khimichnogo spozhyvannia kysniu - KhSK, zavyslykh rehovyn ta amoniinoho azotu) [Standards for environmental safety of water bodies used for fisheries in relation to the maximum permissible concentrations of organic and mineral substances in marine and fresh waters] / Zatverdzheno nakazom Minahropolityky Ukrainy vid 30.07.2012 r. № 471. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1369-12#Text>

18. *Osadcha N.M., Klebanova N.S., Osadchyi V.I., Nabyvanets Yu.B.* Adaptatsiia systemy monitorynhu poverkhnevyykh vod derzhavnoi hidrometeorolohichnoi sluzhby MNS Ukrainy do polozhen Vodnoi ramkovoii dyrektyvy YeS [Adaptation of the surface water monitoring system of the State Hydrometeorological Service of the Ministry for Emergencies of Ukraine to the provisions of the EU Water Framework Directive] // Naukovi pratsi UkrNDHMI, 2008, Vyp. 257. S. 146-161.

19. *Osadchyi V.I., Khilchevskiy V.K., Manukalo V.O.* Natsionalna hidrometeorolohichna sluzhba v

Україні – століття системних спостережень та прогнозів (1921-2021 роки) [National Hydrometeorological Service in Ukraine - a century of systematic observations and forecasts (1921-2021)] // Український географічний журнал. 2021, 3. С. 3-11. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.03.003>

20. Перелік забруднювачів речовин для визначення хімічного стану поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод [List of pollutants to determine the chemical status of surface water and groundwater and the ecological potential of artificial or significantly altered surface water] / Затверджено наказом Міністерства України від 06.02.2017 р. № 45. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0235-17#Text>

21. Порядок здійснення державного моніторингу вод [Procedure for state water monitoring] / Затверджено постановою КМУ України від 19.09.2018 р. № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>

22. Порядок розроблення плану управління річковим басейном [The procedure for developing a river basin management plan]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/249999756>

23. Про визнання таких актів, що втрачені, та таких актів, що не застосовувалися на території України, актів санітарного законодавства [On recognition of acts of sanitary legislation as repealed and not applied on the territory of Ukraine] / Розпорядження КМУ України від 20.01.2016 р. № 94-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D1%80#Text>

24. Проєкт: Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення [Project: Hygienic standards for water quality of water bodies to meet drinking, household and other needs of the population]. MOZ України, 2017. URL: [http://csm.kiev.ua/images/stories/2017/document/proekt\\_gigien\\_vodi.pdf](http://csm.kiev.ua/images/stories/2017/document/proekt_gigien_vodi.pdf)

25. СанПіН 4630-88: Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення [Sanitary rules and norms for the protection of surface waters from pollution]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v4630400-88#Text>

26. *Khilchevskiy V.K.* Глобальні водні ресурси: виклики ХХ століття [Global water resources: challenges of the XXI century] // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2020. 1/2 (76/77). С. 6-16. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2020.76-77.1>

27. *Khilchevskiy V.K.* Нариси історії гідрохімії в Україні [Essays on the history of hydrochemistry in Ukraine]. К.: ДІА, 2020. 136 с.

28. *Khilchevskiy V.K.* Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми [Modern characteristics of surface water bodies of Ukraine: watercourses and reservoirs] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1(59). С. 17-27. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.2>

29. *Khilchevskiy V.K.* Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat [Characteristics of water resources of Ukraine on the basis of the database of the global information system FAO Aquastat] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021 № 1(59). С. 6-16. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.1>

30. *Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V.* Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р.– реалізація положень ВРД Yes [Hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine, approved in 2016 - implementation of the provisions of the EU WFD] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 1(44). С. 8-20.

31. *Khilchevskiy V. K., Zabokrytska M. R.* Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навч. посібник [Chemical analysis and assessment of natural water quality: textbook]. Луцьк: Вєзха-Друк, 2021. 75 с.

32. *Khilchevskiy V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M.* Основи гідрохімії: підручник [Fundamentals of hydrochemistry: a textbook]. К.: Ніка-Тсентр, 2012. 312 с.

33. *Khilchevskiy V., Karamushka, V.* 2021. Global Water Resources: Distribution and Demand. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (eds) Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, 2021. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8\\_101-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8_101-1)

**Моніторинг вод в Україні: методи оцінки якості води для різних цілей в зв'язі з змінами нормативної бази (2014-2021 гг.)**

**Хильчевский В.К.**

Цель данного исследования заключается в освещении подходов к нормативной оценке качества воды для различных целей (экологических, гигиенических и рыбохозяйственных) в связи с изменениями нормативной базы в Украине, которые произошли в 2014-2021 гг., что обусловлено курсом Украины на евроинтеграцию. Важной особенностью стала отмена действия актов санитарного законодательства Украинской ССР и СССР (с 01.01.2017 г.), которые длительное время применялись в Украине (распоряжение Кабинета Министров Украины от 2016 г.). Закон Украины «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно внедрения интегрированных подходов в управлении водными ресурсами по бассейновому принципу» (2016) внес дополнения в Водный кодекс Украины,

касающиеся гидрографического районирования и мониторинга вод согласно положениям Водной рамочной директивы ЕС. В 2018 г. постановлением Кабинета Министров Украины утвержден «Порядок осуществления государственного мониторинга вод». В 2019 г. Минприроды Украины утвердило нормативную «Методику отнесения массива поверхностных вод к одному из классов экологического и химического состояний массива поверхностных вод, а также отнесения искусственного или существенно измененного массива поверхностных вод к одному из классов экологического потенциала искусственного или существенно измененного массива поверхностных вод».

Если при оценке качества вод для экологических целей сделано отход от предельно допустимых концентраций (ПДК), то в других сферах водопользования нормативы ПДК остаются актуальными. Важность данного исследования заключается также в необходимости донесения обобщенной информации до широкого круга авторов, которые проявляют интерес к вопросам качества воды.

**Ключевые слова:** мониторинг вод, качество воды, нормативная оценка, цели - экологические, гигиенические, рыбохозяйственные, Украина.

### **Water monitoring in Ukraine: methods for assessing water quality for various purposes in connection with changes in the regulatory framework (2014-2021)**

**Khilchevskiy V.K.**

Over the past five years (2014-2021), there have been significant changes in regulatory methods for assessing water quality for various purposes, which is due to Ukraine's course towards European integration. An important feature was the cancellation of the acts of sanitary legislation of the Ukrainian SSR and the USSR (from 01.01.2017), which were applied in Ukraine for a long time (order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 2016). The Law of Ukraine "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Concerning the Implementation of Integrated Approaches in Water Resources Management Based on the Basin Principle" (2016) amended the Water Code of Ukraine regarding hydrographic zoning and water monitoring in accordance with the provisions of the EU Water Framework Directive. In 2018, by a resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, the "Procedure for the implementation of state monitoring of waters" was approved. In 2019, the Ministry of Natural Resources of Ukraine approved the normative "Methodology for assigning a surface water array to one of the classes of the ecological and chemical states of a surface water array, as well as assigning an artificial or significantly altered surface water array to one of the classes of the ecological potential of an artificial or significantly altered surface water array"

The objects of state monitoring of waters are land and ground water bodies and sea waters. Surface water body - a specially defined surface water body or part of it. The body of surface waters can be classified into one of five categories: 1) rivers; 2) lakes; 3) transitional waters; 4) coastal waters; 5) artificial or substantially altered surface water bodies. The program of state monitoring of waters provides for control over four groups of indicators: 1) biological; 2) physical and chemical; 3) chemical; 4) hydromorphological. Based on the data and information obtained as a result of the state monitoring of the waters of surface and groundwater bodies, the ecological and chemical state of the surface water bodies, the ecological potential of artificial or significantly altered surface water bodies, the quantitative and chemical state of the groundwater bodies are determined, taking into account which river basin management plans and assess the level of achievement of environmental objectives.

The purpose of this study is to highlight the approaches that have developed at the present stage to the regulation of water quality for various purposes, the main of which are: environmental; hygienic (household and drinking and cultural and household or recreational water use), fishery. If, when assessing the quality of water for environmental purposes, a deviation from the maximum permissible concentrations (MPC) was made, then in other areas of water use, the MPC standards remain relevant. The importance of this study also lies in the need to convey generalized information to a wide range of authors who are interested in water quality issues.

**Keywords:** water monitoring, water quality, normative assessment, goals - ecological, hygienic, fishery, Ukraine.

**Надійшла до редколегії 03.08.2021**

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.2>

УДК 556.048

**Москаленко С.О.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

### ОЦІНКА ПРОСТОРОВИХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ СЕРЕДЬНОГО РІЧНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК В МЕЖАХ ПРАВОБЕРЕЖЖЯ ПРИП'ЯТІ

Оцінювання просторових взаємозв'язків будь-якого елементу стоку води річок чи метеорологічних показників певної території спирається на застосування просторової кореляційної функції. Метою представленого дослідження – побудувати таку функцію для середнього річного стоку води річок правобережної частини басейну Прип'яті та встановити територіальні закономірностей його взаємозв'язків. Вихідними даними слугували ряди спостереження за середніми річними витратами води на 11 річках, які виявилися репрезентативними та однорідними. За проведеними розрахунками отримано дві матриці - кореляційна матриця середнього річного стоку води річок та матриця відстаней між центрами тяжіння їх басейнів, на основі яких побудована просторова кореляційна функція середнього річного стоку води річок для території Прип'яті в межах України. Найбільша кількість спільних років спостережень при визначенні коефіцієнтів кореляції складала 70 років, найменша – 52. Отримане рівняння регресії просторової кореляційної функції оцінено на точність та однорідність. Встановлено, що коефіцієнти парної кореляції зі збільшенням відстані між центрами річкових басейнів зменшуються. Значний просторовий взаємозв'язок середнього річного стоку води річок для території Прип'яті в межах України з коефіцієнтами кореляції більше 0,75 спостерігається на відстані до 100 км між ними. Задовільна територіальна кореляція з коефіцієнтом в межах від 0.60 до 0.75 - на відстані між ними до 100-150 км.

**Ключові слова:** стік води, центри тяжіння річкових водозборів, кореляційна матриця, матриця відстаней, просторова кореляційна функція, річки басейну правобережжя Прип'яті.

**Вступ.** Кореляційні зв'язки та кореляційні функції для встановлення різного роду часових та просторових причинно-наслідкових залежностей між елементами метеорологічного та гідрологічного режиму широко застосовуються в інженерній гідрології. Кореляція представляє собою частинну форму вираження статистичних зв'язків. Оцінювання просторових взаємозв'язків будь-якого елементу стоку води річок чи певних метеорологічних показників досліджуваної території спирається на застосування просторової кореляційної функції. За її допомогою можна вирішити багато завдань гідрологічних розрахунків та прогнозів. Це й просторова інтерполяція гідрометеорологічних характеристик, оптимізація метеорологічної або гідрологічної мережі спостережень. Також такі функції бувають корисними при аналізі просторової специфіки водного режиму річок, виявлення синхронності і асинхронності мінливості стоку води річок певної території. З важливих завдань гідрологічних розрахунків та прогнозів, що вирішуються з застосуванням просторової кореляційної функції – приведення наявних коротких рядів річного стоку до тривалого багаторічного періоду, вибір річок-аналогів для встановлення зв'язків між значеннями статистичних параметрів на об'єкті, відносно якого виконується операція приводки тощо.

Мета даного дослідження – оцінювання просторових взаємозв'язків середнього річного стоку води річок басейну р. Прип'ять (в межах України) за допомогою просторової кореляційної функції.

**Аналіз попередніх досліджень.** У процесі розвитку математичної статистики і теорії ймовірностей як науки можна умовно виділити три етапи: перший, який пов'язаний з поняттям випадкової події, другий – з поняттям випадкової величини, а третій – випадкової функції. Початок першого етапу відноситься до середини XVII ст., другого – до середини XIX ст., а третього – до 20-30 рр. XX століття. Теорія випадкових процесів виникла та розвивається далі внаслідок практичної необхідності математичного моделювання реальних процесів різної природи. Спочатку просторові кореляційні функції, в основному, ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 3 (61)**

використовувалися для оцінки синхронності і асинхронності стоку води великих річок [2, 4-5, 10, 14]. На теперешній час тривалість спостережень на гідрологічних постах у світі зростає і такі дослідження продовжуються [11-13]. Використання просторових кореляційних функцій з оцінкою їх однорідності в цілях просторової інтерполяції показано в роботах [1, 8]. Просторові кореляційні функції також широко застосовуються для обґрунтування збереження та оптимізації базової мережі гідрометеорологічних спостережень України та інших країн.

**Вихідні дані та методи дослідження.** Річка Прип'ять належить до числа великих річок України, найбільша за площею басейну, довжиною і водністю права притока Дніпра. Прип'ять є транскордонною річкою. На українську частину басейну припадає більша частина (57%) від загальної площі басейну Прип'яті – 65150 км<sup>2</sup> й це в основному території водозборів правобережних приток (найбільші з них Вижівка, Турія, Стохід, Стир, Горинь зі Случчю, Уборть та ін.). Білоруська частина басейну Прип'яті (43% від загальної площі) – це лівобережні притоки (найбільші – річки Ясельда, Случ (північна), Птич, Бобрик, Ореса та ін.) [6]. Територія правобережжя має загальний похил на північ у бік самої Прип'яті. Характерними фазами водного режиму Правобережжя Прип'яті є весняне водопілля, літньо-осіння та зимова межень. Тут також сприятливі умови для формування дощових паводків у межах Волинської та Подільської височин і на Поліській низовині (Львівська, Волинська, Рівненська й Житомирська області). Тому небезпечні ситуації виникають на цій території як при проходженні весняного водопілля, так і під час паводків [7].

Вихідними даними для побудови просторової кореляційної функції стоку води в межах української частини басейну р. Прип'яті слугували величини середніх річних витрат води річок, що розташовані всередині досліджуваної території і які вимірювалися в замикальних гідрометричних створах (табл. 1).

**Таблиця 1. Вихідні дані для побудови просторової кореляційної функції середнього річного стоку води для басейну р. Прип'яті в межах України**

Річка – гідрологічний пост	Площа басейну, км <sup>2</sup>	Період спостереження за стоком	Тривалість спостереження	Коефіцієнт варіації, $C_v$	Відносне значення середньої квадратичної похибки, $\sigma_n$ %
Прип'ять - Річиця	2210	1962-2015	54	0,65	8,9
Вижівка – Ст. Вижівка	722	1946-2015	70	0,43	5,2
Турія - Ковель	1480	1946-2015	70	0,51	6,1
Стохід - Любешів	2970	1961-2015	55	0,37	5,0
Стир - Луцьк	7200	1946-2015	70	0,27	3,2
Горинь - Деражне	9160	1958-2015	58	0,26	3,4
Случ - Сарни	13300	1946-2015	70	0,45	5,4
Тня - Броники	982	1946-2015	70	0,55	6,6
Уборть - Перга	2880	1954-2015	62	0,46	5,9
Уж - Коростень	1450	1946-2015	70	0,55	6,6
Норинь - Славенщина	804	1964-2015	52	0,58	8,0

Ряди спостереження на досліджуваних річках є репрезентативними, відносні значення середньої квадратичної похибки ( $\sigma_n$ , %) не перевищує 10 % [7]. (табл.1).

Для перевірки однорідності рядів спостережень за середньорічним стоком води на досліджуваних річках басейну Прип'яті застосували параметричні критерії: критерій t-Стюдента, який визначає статистичну значимість різниць середніх значень двох вибірок та критерій F-Фішера – рівності двох дисперсій [9]. Гіпотези про однорідність рядів спостережень перевірено за рівнями значущості 5 % та 1 % (табл.2). Якщо брати за основу аналізу однорідності рівень значимості 1 % (що є прийнятним в гідрології) з розширеною довірчою областю у порівнянні з результатами за 5% рівнем значимості, то розходження у середніх значеннях середніх річних витрат води двох вибірок для всіх досліджуваних річок є статистично незначущими, тобто ряди однорідні. Щодо рівності двох дисперсій, то ряди

даних за 1% рівнем значимості на 91% є однорідними. Неоднорідними за критерієм Фішера виявилися лише середні річні витрати води на р. Прип'ять – Річиця (табл. 2).

Таблиця 2. Перевірка статистичних гіпотез на однорідність за параметричними критеріями даних спостережень за середнім річним стоком на річках правобережжя Прип'яти за 5% рівнем значимості

Річка – гідрологічний пост	Прип'ять - Річиця	Виживка – Ст. Виживка	Турія - Ковель	Стохід - Любешів	Стир - Луцьк	Горинь - Деражне	Случ - Сарни	Тня - Броники	Уборть - Перга	Уж - Коростень	Норинь - Славещина		
<b>За рівнем значущості 5%</b>													
критерій Стьюдента	розрахована статистика t	1,35	1,56	0,33	1,35	0,89	1,66	0,86	0,02	0,69	1,23	2,63	
	аналітичне значення статистики ta	2,01	2,00	2,00	2,01	2,00	2,01	2,00	2,00	2,00	2,00	2,01	
	Результат перевірки (+/-)*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	<b>За рівнем значущості 1%</b>												
	аналітичне значення статистики ta	2,68	2,66	2,66	2,68	2,66	2,68	2,66	2,66	2,66	2,67	2,66	2,68
	Результат перевірки (+/-)*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Критерій Фішера</b>													
<b>За рівнем значущості 5%</b>													
Критерій Фішера	розрахована статистика F	6,03	1,66	1,08	1,71	1,11	2,42	1,17	1,60	1,67	2,46	2,69	
	аналітичне значення статистики Fa	2,23	2,08	2,08	2,21	2,08	2,19	2,08	2,08	2,16	2,08	2,25	
	Результат перевірки (+/-)	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	
	<b>За рівнем значущості 1%</b>												
	аналітичне значення статистики Fa	2,68	2,64	2,64	2,87	2,64	2,89	2,64	2,64	2,77	2,64	2,94	
	Результат перевірки (+/-)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примітка: \* +- однорідні, -- неоднорідні.

Для розрахунку просторових кореляційних функцій будь-якого елемента гідрологічного режиму необхідно визначити наступні статистичні параметри та величини [8-9, 11]:

–середнє арифметичне значення (норми) досліджуваного елемента гідрологічного режиму для всіх рядів спостережень

$$\bar{x}_j = \sum_{i=1}^{n_j} x_j / n_j, \quad (1)$$

де  $n_j$  - об'єм інформації, що відповідає  $j$ -тому гідрологічному посту спостережень  $x_j$  ;

– середні квадратичні відхилення елементу гідрологічного режиму для всіх рядів спостережень

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (x_j - \bar{x}_j)^2}{n_j}}, \quad (2)$$

– коефіцієнти парної кореляції за сумісні періоди спостережень для всіх досліджуваних рядів

$$r_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{kj}} (x_{ik} - \bar{x}_k) \cdot (x_{ij} - \bar{x}_j)}{\sigma_k \cdot \sigma_j \cdot n_{kj}}, \quad (3)$$

де  $n_{kj}$  - кількість сумісних років спостережень між  $j$  та  $k$ -тим постом спостережень;

– відстані між центрами тяжіння річкових басейнів.

**Результати дослідження.** На основі проведених розрахунків було отримано дві матриці - кореляційна матриця середнього річного стоку води річок басейну Прип'яті в межах України та матриця відстаней між центрами їх басейнів.

Кореляційна матриця – це квадратна за розміром таблиця коефіцієнтів парної кореляції між змінними, де на перетині  $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпчика матриці знаходиться коефіцієнт кореляції між заданими характеристиками. Матриця є симетричною щодо головної діагоналі. На діагоналі матриці між одними і тими ж характеристиками стоять значення кореляції, що дорівнюють 1. Всі інші елементи кореляційної матриці за абсолютним значенням повинні не перевищувати 1.

Кореляційна матриця середнього річного стоку води річок правобережжя Прип'яті показує та узагальнює зв'язки цього стоку між всіма пунктами гідрологічних спостережень на річках в межах досліджуваного басейну (табл.3).

**Таблиця 3. Просторова кореляційна матриця ( $r$ ) середнього річного стоку води річок басейну Прип'яті в межах України**

Річка – гідрологічний пост	Прип'ять - Річиця	Вижівка – Ст.Вижівка	Турія - Ковель	Стохід - Любешів	Стир - Луцьк	Горинь - Деражне	Случ - Сарни	Тня - Броніки	Уборть - Перга	Уж - Коростень	Норинь - Славенщина
Прип'ять - Річиця	<b>1,00</b>	0,87	0,76	0,74	0,68	0,60	0,48	0,35	0,33	0,30	0,17
Вижівка – Ст. Вижівка	0,87	<b>1,00</b>	0,88	0,76	0,73	0,56	0,60	0,32	0,49	0,44	0,24
Турія - Ковель	0,76	0,89	<b>1,00</b>	0,80	0,81	0,53	0,64	0,36	0,44	0,42	0,31
Стохід - Любешів	0,74	0,76	0,76	<b>1,00</b>	0,69	0,56	0,60	0,40	0,47	0,27	0,31
Стир - Луцьк	0,68	0,76	0,79	0,68	<b>1,00</b>	0,75	0,70	0,44	0,40	0,49	0,35
Горинь - Деражне	0,6	0,55	0,50	0,55	0,73	<b>1,00</b>	0,80	0,68	0,59	0,65	0,45
Случ - Сарни	0,47	0,57	0,57	0,59	0,63	0,81	<b>1,00</b>	0,72	0,82	0,77	0,68
Тня - Броніки	0,35	0,47	0,42	0,40	0,45	0,67	0,87	<b>1,00</b>	0,77	0,80	0,53
Уборть - Перга	0,32	0,42	0,39	0,45	0,37	0,59	0,81	0,83	<b>1,00</b>	0,82	0,54
Уж - Коростень	0,3	0,39	0,32	0,26	0,41	0,64	0,73	0,90	0,82	<b>1,00</b>	0,38
Норинь - Славенщина	0,17	0,24	0,31	0,31	0,35	0,45	0,68	0,53	0,54	0,38	<b>1,00</b>

Для створення другої матриці, були визначені відстані між центрами тяжіння досліджуваних басейнів. Центр тяжіння певного річкового басейну – це точка, рівновіддалена від вододільної лінії. Для визначення центрів тяжіння досліджуваних водозборів та, власне, виділення річкових басейнів, що представлені на рис. 1 використана географічна інформаційна система QGIS 3.12.0 з відкритим кодом та модулі Grass GIS: “r.watershed”, які формують набір карт із зазначенням напрямків схилів, дренажу та інших характеристик, а також модуль “r.water.outlet”, який генерує басейн водозбору по замикальному створу, використовуючи карти напрямку дренажу та координати замикального створу.

Для створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) був використаний набір відкритих даних STRM (Shuttle Radar Topography Mission), міжнародного дослідницького проекту, основна мета якого створення ЦМР Землі за допомогою радарної топографічної зйомки її поверхні. Для визначення центрів тяжіння досліджуваних водозборів використовували модуль «середні координати», який обчислює точковий шар із центром маси геометрій у водозборах.

Відстані між встановленими центрами тяжіння виділених басейнів визначені за допомогою модулю «матриця відстаней», що створює таблицю, яка містить матрицю, з відстанями між усіма точками досліджуваного шару – у нашому випадку точки – це координати центрів тяжіння басейнів.

Проект виконаний у системі координат WGS 84 (EPSG:4326).

Результати ГІС-обробки тематичних шарів, їх аналізу та розрахунків відстаней представлені на рис. 1 та узагальнені у табл. 4.

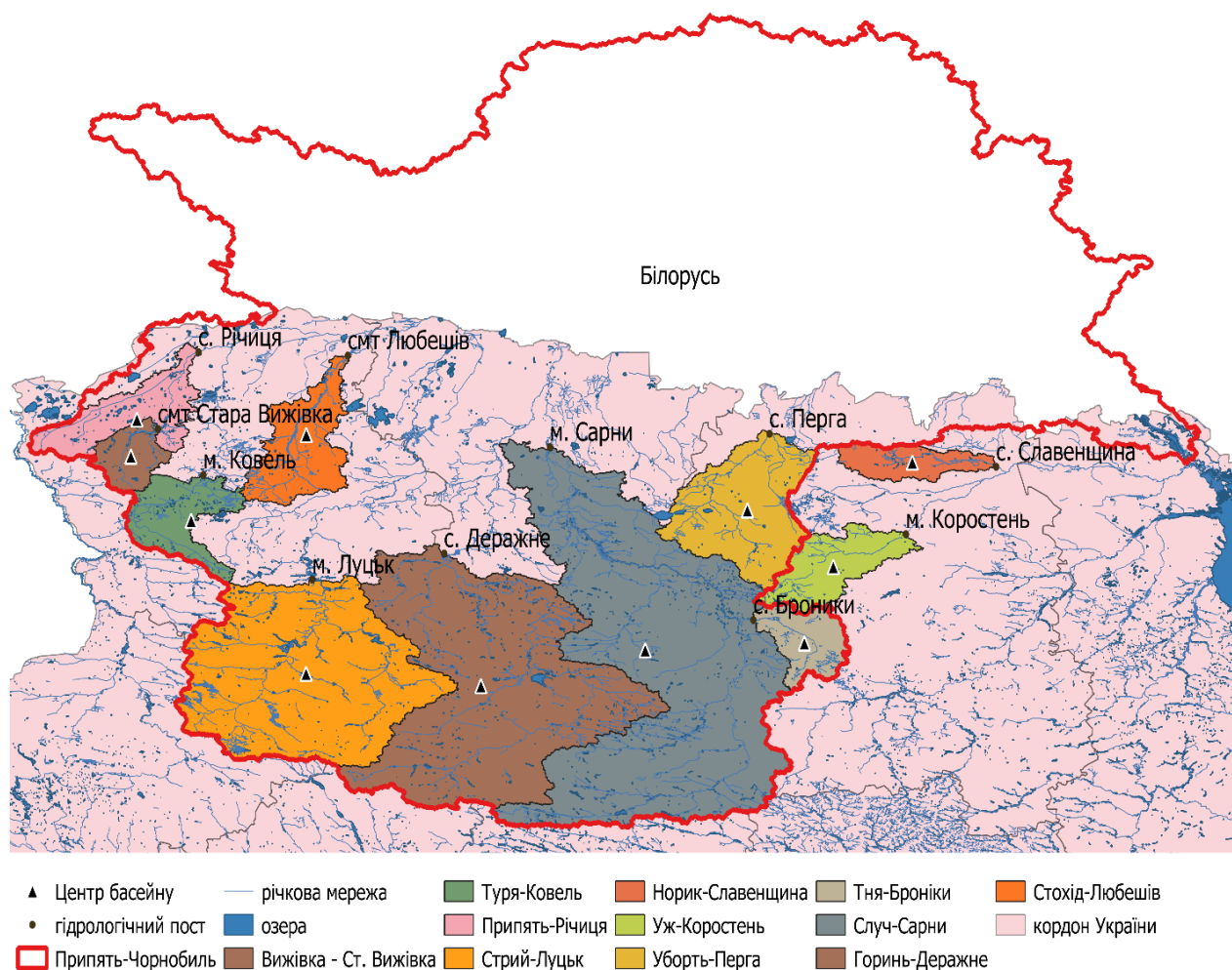
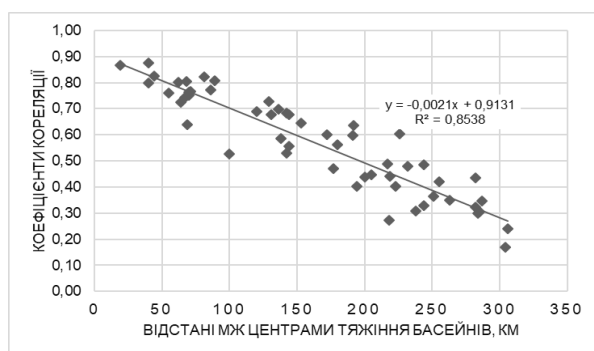


Рис. 1. Карта річкових басейнів Прип'яті в межах України та їх центри тяжіння



Таблиця 4. Матриця відстаней між центрами тяжіння басейнів ( $L$ , км) правобережжя Прип'яті

	Припять - Річиця	Вижівка – Ст. Вижівка	Турія - Ковель	Стокід - Любешів	Стир - Луцьк	Горинь - Деражне	Случ - Сарни	Тня - Броники	Уборть - Перга	Уж - Коростень	Норинь - Славенщин
Припять - Річиця	0	19	55	67	144	191	232	287	244	284	304
Вижівка – Ст. Вижівка	19	0	40	70	129	180	226	282	244	282	306
Турія - Ковель	55	40	0	62	89	142	192	251	219	255	285
Стокід - Любешів	67	70	62	0	120	144	172	223	177	218	238
Стир - Луцьк	144	129	89	120	0	70	136	200	194	217	263
Горинь - Деражне	191	180	142	144	70	0	68	131	138	153	205
Случ - Сарни	232	226	192	172	136	68	0	64	81	86	142
Тня - Броники	287	282	251	223	200	131	64	0	71	40	100
Уборть - Перга	244	244	219	177	194	138	81	71	0	44	69
Уж - Коростень	284	282	255	218	217	153	86	40	44	0	61
Норинь - Славенщина	304	306	285	238	263	205	142	100	69	61	0



Використовуючи результати розрахунків матриць парної кореляції та відстаней між центрами їх басейнів, отримали просторову кореляційну функцію ( $r = f(L)$ ) середнього річного стоку води річок для території Прип'яті в межах України (рис. 2).

Рис. 2. Просторова кореляційна функція ( $r = f(L)$ ) середнього річного стоку води річок для території Прип'яті в межах України

Отримане на основі емпіричних даних рівняння лінійної регресії може використовуватися як розрахункова формула. Проте, це можливо в тому випадку, якщо дане рівняння забезпечує необхідну точність розрахунку, є надійним. Як бачимо з рис. 2, емпіричні точки в полі координат  $r$  і  $L$  розташовуються певною полосою. Розсіювання коефіцієнтів у полі координат може бути обумовлено різними причинами, з яких – обмеженістю прийнятих в розрахунок вибірок, невеликими кількостями спільних років спостережень при визначенні коефіцієнтів кореляції тощо. Просторова кореляційна функція  $r = f(L)$  середнього річного стоку води річок для території Прип'яті в межах України побудована на основі 55-ти коефіцієнтів парної кореляції, що отримано по 11-ти рядам спостережень. Найбільша кількість спільних років спостережень при визначенні коефіцієнтів кореляції складає 70 років, найменша – 52.

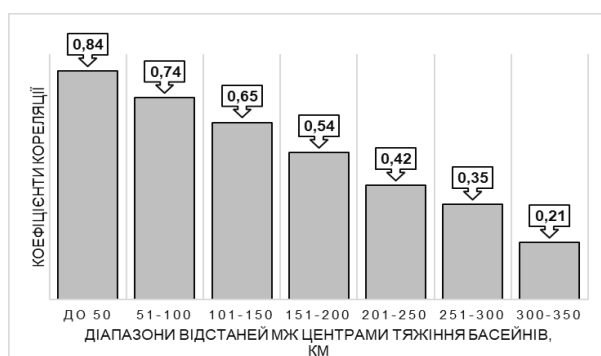


Рис. 3. Просторова кореляційна функція ( $r = f(L)$ ) річного стоку води річок правобережжя Прип'яті у вигляді осереднених коефіцієнтів кореляції в межах 50 кілометрових діапазонів відстаней

Для оцінки точності отриманого рівняння регресії та оцінки однорідності просторової кореляційної функції середнього річного стоку води річок для території Прип'яті в межах України зроблено градація відстаней між центрами тяжіння з кроком 50 км ( $\Delta L = 50$  км), визначено середні коефіцієнти кореляції (рис. 3) та розраховано стандартна похибка рівняння лінійної регресії  $\sigma_r$  для кожного

виділеного діапазону відстаней (табл. 5).

**Таблиця 5. Середні значення коефіцієнтів парної кореляції та стандартні похибки рівняння лінійної регресії ( $\pm\sigma_r$ ,  $\pm 2\sigma_r$ ,  $\pm 3\sigma_r$ ) просторової кореляційної функції середнього річного стоку води річок для правобережжя Прип'яті**

Градації відстаней з кроком $\Delta L=50$ км	Середні значення коефіцієнтів парної кореляції для кожної $\Delta L$	Стандартна похибка рівняння лінійної регресії для кожної $\Delta L$		
		$\pm\sigma_r$	$\pm 2\sigma_r$	$\pm 3\sigma_r$
0-50	0,84	0,03	0,06	0,09
51-100	0,74	0,07	0,14	0,21
101-150	0,65	0,06	0,12	0,18
151-200	0,54	0,08	0,16	0,24
201-250	0,42	0,09	0,18	0,27
251-300	0,35	0,05	0,1	0,15
300-350	0,21	0,04	0,08	0,12

Зіставляючи середні значення коефіцієнтів парної кореляції для кожного діапазону відстаней з фактичними в межах кожного діапазону просторової кореляційної функції середнього річного стоку води річок для правобережжя Прип'яті та знаючи  $\pm\sigma_r$ ,  $\pm 2\sigma_r$ ,  $\pm 3\sigma_r$ , зафіксовано, що 72% точок попадають в межі  $\pm\sigma_r$  і всі 100% - в межі  $\pm 2\sigma_r$ . Тобто, можна стверджувати, отримане рівняння регресії просторової кореляційної функція ( $r = f(L)$ ) середнього річного стоку води річок для території Прип'яті в межах України є досить точним та однорідним.

**Висновки.** На основі проведених розрахунків двох матриць (кореляційної матриці стоку води річок та матриці відстаней між центрами їх басейнів) отримана просторова кореляційна функція ( $r = f(L)$ ), яка показує просторові взаємозв'язки середнього річного стоку води річок басейну Прип'яті в межах України. Встановлено, що коефіцієнти парної кореляції зі збільшенням відстані між центрами річкових басейнів зменшуються. Значна просторова кореляція ( $r \geq 0,75$ ) середнього річного стоку води річок спостерігається на відстані до 100 км між ними. Задовільна кореляція (при  $r = 0.60-0.75$ ) - на відстані до 100-150 км.

#### Список літератури

1. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград: Гидрометеоздат, 1971. 363 с.
2. Алехин Ю. М. Множественное линейное экстраполирование макропроцесов (динамико-статистический метод прогнозирования). Труды ЛГМИ, 1968. Вып. 28. С. 46-59.
3. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-Центр, 2003. 326 с.
4. Калинин Г. П. Давыдова А. И. Исследование циклических колебаний стока рек северного полушария. В кн.: Многолетние колебания стока и вероятностные методы его расчета. Москва: Изд. МГУ, 1967. С. 35-44.
5. Калинин Г. П. Проблемы глобальной гидрологии. Ленинград: Гидрометеоздат, 1968. 377 с.
6. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / [Апацкий А.Н., Афанасьев С.А., Бабич Н.Я. и др.]; под ред. М.Ю. Калинина и А.Г. Ободовского. Минск: Белсенс, 2003. 269 с.
7. Москаленко С.О. Гідрометеорологічні умови та багаторічні характеристики дощового паводків на річках Правобережжя Прип'яті. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2010. Т. 18. С. 125-133.
8. Рождественский А. В., Чеботаев А. И. Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеоздат, 1974. С. 316-455.
9. Сикан А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. СПб.: изд. РГГМУ, 2007. с.136-167.
10. Сомов Н.В. Асинхронность колебаний стока крупных рек СССР. Метеорология и гидрология, 1963. №5, с. 14-21.
11. Moskalenko S. O., Malytska L. V. Spatial correlation function of the mean annual water runoff of the river of Ukraine. Conference Proceedings, Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020, 2020(1), 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo119>.

12. *Probst J, Tardy Y.* Long range streamflow and world continental runoff fluctuation since the beginning of this century. *Journal of Hydrology*, 94, 1987. pp.289-311.
13. *Rao AR., Hamed K.* Multi-taper method of analysis of periodicities in hydrologic data. *Journal of Hydrology*, 2003. 279, 125-143.
14. *Williams GR.* Cyclical variations in the worldwide hydrological data. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 1961. № 6. pp. 71-88.

#### References

1. *Alekseev G.A.* Ob"ektivnye metody vyravnivaniya i normalizacii korrelyacionnyh svyazej [Objective methods of alignment and normalization of correlations]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. 363 s.
2. *Alekhin YU. M.* Mnozhestvennoe linejnoe ekstrapolirovanie makroprocesov (dinamiko-statisticheskij metod prognozirovaniya) [Multiple linear extrapolation of macroprocesses (dynamic-statistical forecasting method) ]. *Trudy LGMI*, 1968. Vyp. 28. S. 46-59.
3. *Vyshnevs'kyj V.I., Kosovets' O.O.* Hidrolohichni kharakterystyky richok Ukrainy. K.: Nika-Tsentr, 2003. 326 s.
4. *Kalinin G. P. Davydova A. I.* Issledovanie ciklicheskih kolebanij stoka rek severnogo polushariya. V kn.: *Mnogoletnie kolebaniya stoka i veroyatnostnye metody ego rascheta* [Research of cyclical fluctuations of river runoff in the northern hemisphere. In the book: Long-term runoff fluctuations and probabilistic methods for its calculation]. Moskva: Izd. MGU, 1967. S. 35-44.
5. *Kalinin G. P.* Problemy global'noj gidrologii [Problems of global hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1968. 377 s.
6. *Monitoring, ispol'zovanie i upravlenie vodnymi resursami bassejna r. Pripyat'* [Monitoring, use and management of water resources of the river. Pripyat' / [Apackij A.N., Afanas'ev S.A., Babich N.YA. i dr.]; pod red. M.YU. Kalinina i A.G. Obodovskogo. Minsk: Belsens, 2003. 269 s.
7. *Moskalenko S.O.* Hidrometeorologichni umovy ta bahatorichni kharakterystyky doschovoho pavodkiv na richkakh Pravoberezhzhia Prypiati [Hydrometeorological conditions and long-term characteristics of rain floods on the rivers of the Right Bank of Pripyat']. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*, 2010. T. 18. S. 125-133.
8. *Rozhdestvenskij A. V., CHEbotaev A. I.* Statisticheskie metody v gidrologii [Statistical methods in hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. S. 316-455.
9. *Sikan A. V.* Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informacii. Uchebnik [Methods of statistical processing of hydrometeorological information. Textbook]. SPb.: izd. RGGMU, 2007. s.136-167.
10. *Somov N.V.* Asinhronnost' kolebanij stoka krupnyh rek SSSR [Asynchrony of fluctuations in the runoff of large rivers in the USSR]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 1963. №5, s. 14-21.
11. *Moskalenko S. O., Malytska L. V.* Spatial correlation function of the mean annual water runoff of the river of Ukraine. *Conference Proceedings, Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020*, 2020(1), 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo119>.
12. *Probst J, Tardy Y.* Long range streamflow and world continental runoff fluctuation since the beginning of this century. *Journal of Hydrology*, 94, 1987. pp.289-311.
13. *Rao AR., Hamed K.* Multi-taper method of analysis of periodicities in hydrologic data. *Journal of Hydrology*, 2003. 279, 125-143.
14. *Williams GR.* Cyclical variations in the worldwide hydrological data. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 1961. № 6. pp. 71-88.

#### **Оценка пространственных взаимосвязей среднего годового стока воды рек в пределах правобережья Припяти**

**Москаленко С.А.**

*Оценка пространственных взаимосвязей любого элемента стока воды рек или метеорологических показателей определенной территории основывается на применении пространственной корреляционной функции. Целью представленного исследования - построить такую функцию для среднего годового стока воды рек правобережной части бассейна Припяти и установить территориальные закономерностей его взаимосвязей. Исходными данными послужили ряды наблюдения за средними годовыми расходами воды на 11 реках, которые оказались репрезентативными и однородными. По проведенным расчетам получены две матрицы - корреляционная матрица среднего годового стока воды рек и матрица расстояний между центрами тяжести их бассейнов, на основе которых построена пространственная корреляционная функция среднего годового стока воды рек для территории Припяти в пределах Украины. Наибольшее количество совместных лет наблюдений при определении коэффициентов корреляции составляла 70 лет, наименьшая - 52. Полученное уравнение регрессии пространственной корреляционной функции оценено на точность и однородность. Установлено, что коэффициенты парной корреляции с увеличением расстояния между центрами речных бассейнов уменьшаются. Значительные пространственные взаимосвязи среднего годового стока воды рек для территории Припяти в пределах Украины с коэффициентами корреляции*

более 0,75 наблюдается на расстоянии до 100 км между ними. Удовлетворительная территориальная корреляция с коэффициентом в пределах от 0.60 до 0.75 - на расстоянии между ними до 100-150 км.

**Ключевые слова:** сток воды, центры тяжести речных водосборов, корреляционная матрица, матрица расстояний, пространственная корреляционная функция, реки бассейна правобережья Припяти.

### **Estimation of spatial relationships of average annual river runoff within the right bank of the Pripyat River**

**Moskalenko S.O.**

Assessment of the spatial relationships of any element of river water flow or meteorological indicators of a certain territory is based on the use of the spatial correlation function. The aim of the presented study is to construct such a function for the average annual water flow of the rivers of the right-bank part of the Pripyat basin and to establish the territorial patterns of its interrelations. The initial data were the series of observations of the average annual water discharges on 11 rivers, which turned out to be representative for further calculations. Checking the series of observations for homogeneity was carried out according to the parametric criteria: t -Student's and F-Fisher's at the 5% and 1% significance levels. She showed that the rows are uniform. Only a sequence of average annual water discharges on the river Pripyat near the village of Rechitsa turned out to be heterogeneous according to Fisher's criterion. Based on the calculations, two matrices were obtained - the correlation matrix of the average annual river water flow and the matrix of distances between the centers of attraction of their basins, on the basis of which the spatial correlation function  $r = f(L)$  of the average annual river water flow for the territory of Pripyat within Ukraine was constructed. The largest number of joint years of observations in determining the correlation coefficients was 70 years, the smallest - 52. The resulting regression equation of the spatial correlation function was evaluated for accuracy and homogeneity. This test gave positive results. It was found that the pair correlation coefficients decrease with an increase in the distance between the centers of river basins. Significant spatial relationships of the average annual river flow for the territory of Pripyat within Ukraine with correlation coefficients of more than 0.75 are observed at a distance of up to 100 km between them. Satisfactory territorial correlation with a coefficient ranging from 0.60 to 0.75 - at a distance between them up to 100-150 km. The development can be used for practical purposes in hydrological calculations and forecasts, to optimize the hydrological observation network, etc.

**Keywords:** water flow, centers of gravity of river basins, correlation matrix, distance matrix, spatial correlation function, rivers of the Pripyat right bank basin.

**Надійшла до редколегії 25.06.2021**

**DOI:** <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.3>

УДК 504:658.562

**Дубняк С.С.**

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

## **ОСНОВНІ СТАДІЇ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ БЕРЕГІВ ВЕЛИКИХ РІВНИННИХ ВОДОСХОВИЩ**

На основі аналізу багаторічної динаміки розвитку берегів дніпровських та інших великих рівнинних водосховищ розглянуті основні стадії формування берегів і відповідні їм типологічні характеристики. Показано роль вихідного рельєфу і геологічної будови річкової долини в розвитку берегових процесів. Відзначено умовність стадії динамічної рівноваги для берегів водосховищ і зростаючу роль вздовжберегових течій і пов'язаних з ними потоків наносів і динамічних систем берегів. Проаналізовано основні закономірності процесів формування берегів – спадковість, спрямованість, інерційність і мінливість розвитку.

**Ключові слова:** водосховище, берегова зона, стадії розвитку, абразійно-аккумулятивні процеси, динамічні системи берегів, спадковість і спрямованість процесу.

**Вступ.** Ідею ідентичності розвитку морських берегів і берегів великих рівнинних водосховищ, висунуту В.П. Зенковичем [4], послідовно розвивали Б.А. Пишкін [7] та інші вчені. В своїх дослідженнях берегів великих рівнинних водосховищ ми також виходили із основного теоретичного постулату про спільність основних закономірностей гідролого-морфологічної теорії руслового процесу (Кондратьєв, Попов, Маккавєєв, Чалов, Ободовський) і вчення про динаміку і морфологію берегів морів і водосховищ (Зенкович, Леонтєв, Лонгінов, Шуйський, Вендров, Розовський, Попов, Пишкін, Максимчук та інші). Такий підхід дозволяє розглядати формування берегів водосховищ як багатофакторний процес, провідні фактори і умови якого змінюються в часі (на різних стадіях і етапах розвитку берегів) і в просторі (на різних ділянках і типах берегів).

Еволюцію берега традиційно розглядають в профілі і в плані. Для абразійних берегів, як на морях [4], так і на водосховищах [1; 3; 5; 6; 8] виділяють наступні стадії розвитку профілю берега: перша – інтенсивного переформування (3-10 років залежно від типу берегів), або стадія несформованого (нестабільного) режиму; друга стадія – стабілізації або усталеного (сформованого) режиму, на якій зараз знаходиться більша частина берегів водосховищ, третя стадія – динамічної рівноваги, коли морфометричні характеристики берегового схилу практично не змінюються з часом, зазнаючи лише знакозмінних деформацій чи флуктуацій.

На останній, третій стадії знаходяться ділянки берегів, складені незв'язними породами (пісками, галькою) акумулятивного типу, в межах яких на даний момент часу баланс наносів близький до нуля, а хвильова енергія повністю гаситься відмілинами. Зазначимо, що це короткочасний стан нестійкої рівноваги, протягом якого відбувається зміна провідних факторів і умов динаміки берегів не тільки на профілі, а і в плані. Тому необхідно окремо розглядати динаміку профілю берегів водосховищ в плані.

**Матеріали і методи дослідження.** Сформульовані в роботі положення, що стосуються стадій формування берегів водосховищ, особливостей і тенденцій їх розвитку, базуються на аналізі результатів багаторічних моніторингових досліджень динаміки берегів дніпровських водосховищ, а також аналізі та узагальненні опублікованих матеріалів по дніпровських, волзьких та інших великих рівнинних водосховищах.

Робота виконана в рамках бюджетної програми «Підтримки розвитку пріоритетних напрямків наукових досліджень» НАН України (КПКВК 6541230).

**Виклад основного матеріалу.** Водосховище успадковує від затопленої ним річкової долини конфігурацію і геолого-геоморфологічну будову берегових схилів, розташованих вище новоствореної лінії урізу води, тобто місцевого базису ерозії. Система плес і перекатів, сформованих течією води в річці проявляється в береговій зоні водосховищ у вигляді мисовидних виступів і бухт. Отже на першій стадії інтенсивного формування профілю берега відбувається активне, в першу чергу абразійне, вирівнювання берегової лінії водосховища. В результаті зрізуються і відступають миси та повільно заповнюються наносами, переважно за рахунок стокових течій, затоки. На цій стадії берегові відмілини практично відсутні, так як і вздовжберегові потоки наносів. Матеріали розмиву берегових уступів поперечними течіями скидаються тут же в пониження біля підводних схилів. Найактивніше процеси вирівнювання берегової лінії відбуваються на мисах абразійно-обвальних берегів, найповільніше – на абразійно-денудаційних берегах.

Звичайно, стадія абразійного вирівнювання берегової лінії проявляється лише на тих берегах, де провідним фактором є вітро-хвильові процеси. Як правило, це озероподібна відносно глибоководна частина водосховища. В зоні мілководь відбуваються процеси активного заростання повітряно-водною рослинністю приурізової зони (біогенні береги). У річкоподібній області водосховища вирівнювання берегової лінії затопленої річкової долини відбувається в умовах режиму попусків води, що призводить до промивки затопленого русла і зрізання перекатів та поглиблення каналу, по якому скидаються попуски. Тут формуються ерозійні береги, особливістю яких є боковики. В результаті активної бокової ерозії вони відступають разом з берегом.

На зміну стадії абразійного вирівнювання берегової лінії приходять стадія абразійно-аккумулятивного вирівнювання, характерними рисами якої є наявність вздовжберегових потоків наносів та берегових відмілин. В результаті вздовж берегових уступів формуються динамічні системи берегів, котрі включають ділянки розмиву, до яких прилягають обабіч ділянки транспорту наносів і ділянки акумуляції, де відкладається транспортований матеріал [2]. Перераховані ділянки під впливом стокових і вздовжберегових течій води та наносів поступово зміщуються вниз до греблі ГЕС. Зрозуміло, що стадія абразійно-аккумулятивного вирівнювання берегової лінії найяскравіше проявляється в озероподібній частині водосховища, де провідними факторами формування берегів виступають вітрове хвилювання і викликані ним вздовжберегові течії та потоки наносів. Така стадія розвитку берега характерна для абразійно-осипних та абразійно-обвальних осипних берегів, тобто берегів, складених незв'язними породами, які є джерелом достатньої кількості пляжеутворювального матеріалу (піску, гальки).

Вважається, що стадія абразійно-аккумулятивного вирівнювання відзначається стабілізованим (усталеним) режимом формування берегів на великих рівнинних водосховищах. Однак, як показують наші спостереження на дніпровських водосховищах за загальним ходом переробки берегів для цього процесу характерна просторова і часова нерівномірність. Явища усталеного стабілізованого режиму формування берегів характерні для абразійних і ерозійних груп берегів і практично не проявляються на інших типах берегів. В результаті на одному й тому ж водосховищі різні типи берегів знаходяться на різних стадіях розвитку, що позначається і на сукцесіях біоти. Але все ж треба зазначити, що більшість типів берегів на дніпровських, волзьких та інших великих рівнинних водосховищах знаходяться на стадіях розвитку, близьких чи синхронних стадії усталеного режиму, що свідчить про правильність вибраного методичного підходу до періодизації розвитку берегів водосховищ.

Третя стадія розвитку берегів отримала назву «кінцевої стадії» чи «стадії динамічної рівноваги». Стосовно морських берегів теорією профілю їхньої рівноваги займаються понад сто років (Фенеман, 1902; Девіс, 1912; Джонсон, 1919; Філіпсон, 1924; Зенкович, 1946; Башкіров, 1952; Кондратьєв, 1953; Пишкін, 1963, 1973; Максимчук, 1981 та інші). На діючих водосховищах, в тому числі і на дніпровських, встановити стадію динамічної рівноваги натурними спостереженнями не вдалося. Закладені в численні методики прогнозів переробки берегів показники похилів надводного і підводного берегових схилів, які, на думку авторів методик, можна вважати наближеними до показників стану динамічної рівноваги, виявились лише орієнтовними і тимчасовими. На нашу думку, причина цього явища в тому, що про стан динамічної рівноваги схилів берегів можна говорити лише як про врівноваження якихось провідних факторів в певний момент часу на певній ділянці берега, оскільки розвиток берегів – це багатофакторний процес. Очевидно, що параметри профілю динамічної рівноваги можливо визначити лише поєднанням лабораторних, експериментальних і натурних досліджень берегів різних типів.

Вже зараз на Каховському, Кременчуцькому, Київському водосховищах виявлені ділянки, де провідним фактором формування берегів виступає не хвилювання, а вздовжберегова течія та пов'язані з нею потоки наносів і динамічні системи берегів. Це означає, що стадія абразійно-аккумулятивного вирівнювання плавно, через короточасну стадію динамічної рівноваги на ділянках транспорту наносів, переходить в стадію абразійно-аккумулятивного розчленування берегів. Миси, які були абразійними, стають ділянками аккумуляції наносів, а бухти із ділянок аккумуляції перетворюються в ділянки розмиву вздовжбереговими течіями.

Закономірно виникає питання, куди ж прямує розвиток берегової лінії водосховищ? Відповідь знову в аналогії берегів водосховищ з берегами морів, лиманів. Так, на північному узбережжі Азовського моря, де переважають вздовжберегові вітри, формуються косистрілки (аккумулятивні миси), а бухти між ними виступають ділянками розмиву. На північно-західному узбережжі Чорного моря, де вітри перпендикулярні береговій лінії, формуються бари – вали, які відгороджують від моря затоки-лагуни. Л.Б. Розовський (1964), порівнюючи розвиток берегів Каховського водосховища з берегами причорноморських лиманів, прийшов до висновку про можливість у віддаленій перспективі перетворення порівняно мілководних водосховищ на ланцюжки окремих водойм концентричної форми з наростаючим до греблі діаметром акваторій. На нашу думку, враховуючи реальні терміни експлуатації водосховищ на практиці, слід керуватись положеннями теорії динаміки берегів водосховищ, згідно з якими береги проходять три стадії змін в профілі і в плані: інтенсивного формування, стабілізації і кінцевої стадії затухання берегового процесу за даних провідних факторів. Зміна останніх означає зміну стадій.

Виконаний нами еколого-гідроморфологічний аналіз формування берегової зони дніпровських водосховищ дозволив виявити основні закономірності і екологічні особливості прояву процесів формування берегів, для яких, як і для абіотичних процесів взагалі, характерні: спадковість, проявами якої є інерційність і мінливість; спрямованість, в результаті якої формується єдина гетерогенна поверхня берегів і ложа водосховищ; незворотність, що призводить до формування сучасної біотопічної структури водосховищ [2].

*Спадковість* процесу формування берегів водосховищ проявляється в тому, що провідну роль в цьому процесі відіграють фізико-географічні і структурно-геологічні умови території, що склались ще до заповнення водосховища, і які необхідно враховувати при оцінці екологічного стану берегової зони шляхом районування території. Фізико-географічні (клімат, рельєф, стік, ґрунти, рослинність) і структурно-геологічні умови (геологічна будова і структура, тектонічні рухи) та коливання рівня води можуть тривалий час утворювати провідні фактори формування берегів, що визначає *інерційність* берегового процесу, тобто збереження залежності між показниками процесу і характеристиками провідних його факторів і умов. Так, на Дніпровському каскаді до правобережного плато зі складною геологічною будовою тяжіють абразійно-обвальні-осипні, зсувні, денудаційні береги; до заплави і другої надзаплавної тераси – абразійно-обвальні береги; до борової першої надзаплавної тераси і високої заплави – абразійно-осипні береги. Лівобережжя дніпровських водосховищ – це затоплені і підтоплені заплави і надзаплавні тераси Дніпра, які утворюють мілководні і мілководно-осушні зони та нейтральні (переважно біогенні) береги значної протяжності – близько половини периметру каскаду. Ці береги успадковують ерозійні береги Дніпра на більш ранніх стадіях формування річкової долини – періоди формування заплави, першої і другої надзаплавних терас. Вихідний рельєф і геологічна будова річкової долини, в якій створене водосховище, на тривалий час вносять постійний (стаціонарний) вклад в динаміку берегів, визначають їхні типологічні характеристики, морфометрію, орієнтацію і розчленованість берегової лінії.

Водночас *мінливість*, як втрата інерційності, є також проявом вихідних умов і факторів при їх різкій зміні. На дніпровських, як і на інших великих рівнинних водосховищах, поширене явище, коли завершується розмив делювіальних шлейфів, які прикривають берегові схили, і в зону розмиву виходять корінні породи (граніти, гнейси, доломіти, вапняки). В таких випадках на зміну абразійно-обвальним чи абразійно-осипним берегам утворюються денудаційні, стійкі до розмиву береги. Це явище поширене практично на всьому правобережжі Дніпровського каскаду, де розмиву зазнають схили правобережного плато Придніпровської височини, складеної під алювіально-делювіальним покривом лесоподібних супісків і суглинків, пісків і глин корінними породами, стійкими до розмиву.

Інерційність берегових процесів визначається також гідрометеорологічними характеристиками: вітро-хвильові явища, режим рівнів, глибини і довжини розгону хвиль. Гідрометеорологічні характеристики також відзначаються мінливістю і втрачають інерційність, про що свідчить сучасний період глобального потепління клімату. В зв'язку із зазначеною вище багатофакторністю берегового процесу втрата інерційності одним чи декількома непривідними факторами не призводить до втрати інерційності всього процесу.

Друга важлива характеристика берегового процесу на водосховищах – це *спрямованість* розвитку, яка зв'язана з підвищенням базису ерозії (підпір води греблею) і її наслідком – вирівнюванням рельєфу берегової зони. Направленість загального процесу формування берегів на досягнення стану динамічної рівноваги включає етапи інерційності і мінливості. Інерційні стани є певними проміжками часу (етапами, циклами, фазами), протягом яких панує певний комплекс факторів і умов – певний тип берега. Мінливість – це зміна факторів і умов, в результаті якої утворюються нові типи берегів (однонаправлені незворотні деформації), або ж відбуваються флуктуації характеристик берегової зони (рух відмілин, динамічних систем берегів, сезонні зміни профілів берега), викликані знакозмінними, часто циклічними деформаціями під впливом течій, сезонних коливань рівня води тощо. Зазначимо, що на берегах водосховищ спостерігаються також однонаправлені зворотні деформації, які відрізняються від флуктуацій тимчасовою зміною факторів і типу берегового процесу.

Поєднання загальних і часткових закономірностей успадкованого і спрямованого розвитку берегів водосховищ характеризується класифікацією берегів, а на конкретних водосховищах – їх типізацією.

### **Висновки**

1. Вивчення матеріалів розвитку берегів на водосховищах за понад 50-ти річний період їх експлуатації показало, що цей період не є кінцевою стадією, а тим більше стадією їхньої динамічної рівноваги. Поширена схема періодизації розвитку берегової лінії проявилась лише на перших двох стадіях: абразійного і абразійно-аккумулятивного

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 3 (61)

вирівнювання, а отже стверджувати про загальну стабілізацію процесу формування берега передчасно.

2. Сьогоднішній стан берегів великих рівнинних водосховищ ми розцінюємо як початок етапу стабілізації на берегах, де достатньо піщаних матеріалів (абразійно-осипних, обвально-осипних). На інших типах берегів, складених зв'язними породами (лесами, глинами, суглинками) продовжуються процеси інтенсивного переформування, навіть при широких похилих відмілинах.

3. Виконаний аналіз спрямованості розвитку берегової зони показав, що береги проходять три стадії зміни профілю і плану: інтенсивного формування, стабілізації і кінцевої стадії затухання за даними провідних факторів. Наприклад, активна акумуляція означає перехід до стадії абразійно-акумулятивного вирівнювання, а поява динамічних систем берегів і активізація вздовжберегових потоків наносів означає перехід до розчленування берегової лінії акумулятивними формами (косами, барами, пересипами та ін.).

4. Для берегових процесів на дніпровських водосховищах характерні успадкованість, спрямованість, інерційність і мінливість, які визначають сучасну біотопічну структуру водосховищ та їх розвиток. Аналіз цих явищ за фактичними даними дозволяє зробити висновок, що береговий процес на дніпровських водосховищах є нестаціонарним, має стохастичну природу, тому оцінки і прогнози формування берегів повинні бути комплексними, інтегральними. Методична основа такого аналізу – це географо-гідрологічні та еколого-гідроморфологічні підходи, а завершальний етап – це типологія берегів, зонування та районування берегової зони.

#### Список літератури

1. Дубняк С.А. Геодинамическое районирование берегов водохранилищ // Тезисы докл. Всесоюзн. науч.-техн. совещания по динамике берегов водохранилищ. Кн. 2. Черкасы: УФ ЦНИИКИВР, 1979. С. 10-16.
2. Дубняк С.С. Эколого-гидроморфологический анализ биотопической структуры крупных равнинных водохранилищ // Географический вестник. 2013. № 3 (26). С. 107-120.
3. Дубняк С.С. Эколого-гидроморфологическое обоснование берегозащитных экосистем на крупных равнинных водохранилищах // Географический вестник. 2014. № 4(31). С. 42-54.
4. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
5. Максимчук В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ. Киев: Будівельник, 1981. 112 с.
6. Методические указания по прогнозированию переформирования берегов равнинных водохранилищ. МУ 33.10.001-85. – Киев: Минводхоз УССР, 1985. 103 с.
7. Пышкин Б.А. Динамика берегов водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1973. 413 с.
8. Рекомендації щодо поліпшення екологічного стану прибережних територій дніпровських водосховищ // Дубняк С.А., Сакевич А.М., Тимченко В.М. та ін. / за ред. В.Я. Шевчука. К.: КСП, 1999. 182 с.

#### References

1. Dubnyak S.A. Geodynamicheskoe rayonirovanie beregov vodokhranilishch [Geodynamical regionalization of reservoir coasts] // Tezisy dokl. Vsesoyuzn. nauch.-tech. soveshchaniya po dinamike beregov vodokhranilishch. Kn. 2. Cherkassy: UF CNIKIIVR, 1979. S.10-16.
2. Dubnyak S.S. Ekologo-gidromorfologicheskii analiz biotopicheskoy struktury krupnykh ravninnykh vodokhranilishch [Ecohydromorphological analyses of biotopic structure of large plain reservoirs] // Geographical bulletin. 2013. № 3 (26). С. 107-120.
3. Dubnyak S.S. Ekologo-gidromorfologicheskoe obosnovanie beregozashchitnykh ekosistem na krupnykh ravninnykh vodokhranilishchakh [Ecohydromorphological basis of coast-protection ecosystem on large plain reservoirs] // Geographical bulletin. 2014. № 4(31). С. 42-54.
4. Zenkovich V.P. Osnovy ucheniya o rasvitiy morskikh beregov [Fundamentals of the doctrine of sea coasts development]. М.: Izd-vo AN SSSR, 1962. 710 с.
5. Maksimchuk V.L. Racionalnoe ispolzovanie I okhrana beregov vodokhranilishch [Rational use and protection of reservoir coasts]. Kiev: Budivelnik, 1981. 112 с.
6. Metodicheskie ukazaniya po prognozirovaniyu beregov ravninnykh vodokhranilishch [Methodological guidelines for forecasting the reshaping of the plain reservoirs coasts]. МУ 33.10.001-85. Kiev: Minvodkhov USSR, 1985. 103 s.
7. Pyshkin B.A. Dinamika beregov vodokhranilishch [Dynamics of the reservoir coasts]. Kiev. Nauk. dumka, 1973. 413 s.



8. Rekomendacii shchodo polipshennia ekologichnogo stanu pryberzhnykh terytoriy dniprovs'kykh vodokhovyshch [Recommendations for improving the ecological condition of the coastal areas of the Dnieper reservoirs] // Dubnyak S.A., Sakevych A.M., Timchenko V.M. ta in. / za red. V.Ya. Shevchuka. K.: KSP, 1999. 182 c.

**Основные стадии и закономерности формирования берегов крупных равнинных водохранилищ  
Дубняк С.С.**

*На основе анализа многолетней динамики развития берегов днепровских и других крупных равнинных водохранилищ рассмотрены основные стадии формирования берегов и соответствующие им типологические характеристики. Показана роль исходного рельефа и геологического строения речной долины в развитии береговых процессов. Отмечена условность стадии динамического равновесия для берегов водохранилищ и возрастающая роль вдольбереговых течений и связанных с ними потоков наносов и динамических систем берегов. Проанализированы основные закономерности процессов формирования берегов – наследственность, направленность, инерционность и изменчивость развития.*

**Ключевые слова:** водохранилище, береговая зона, стадии развития, абразионно-аккумулятивные процессы, динамические системы берегов, наследственность и направленность процесса.

**Main stages and regularities of coast formation of large plain reservoirs  
Dubnyak S.S.**

*The main stages of the reservoir coast formation and their typological characteristics are considered on the base of the analysis of long-term monitoring studies of the Dnieper reservoirs coast dynamics, as well as generalization of published materials on other large plain reservoirs. It is shown that the common scheme of periodization of the shoreline development manifested itself only in the two stages: abrasion and abrasion-accumulative leveling, and therefore it is premature to claim the general stabilization of the coast formation process. The conventionality of the dynamic equilibrium stage for the coast of reservoirs and the growing role of coastal currents and associated sediment flows and dynamic coast systems are noted. The current state of the coasts of large plain reservoirs is estimated as the beginning of the stabilization phase on the coasts with sufficient sand materials. On the coasts composed of loess, clay or loams the processes of intensive transformation are continued. The analysis of the direction of development of the coastal zone showed three stages of change of shore profile and plan: intensive formation, stabilization and the final stage of attenuation according to the leading factors. Active accumulation means the transition to the stage of abrasion-accumulative leveling, and the emergence of dynamic coast systems and activation of coastal sediment flows means the transition to the dismemberment of the shoreline by accumulative forms. The main regularities of development of coast formation processes - heredity, direction, inertia and variability are analyzed. The heredity means that the geographical and geological conditions which developed before the filling of the reservoir are played the leading role in these processes. The direction of development is associated with an increase of the erosion base and its consequence - the leveling of the coastal zone relief. The orientation of the general process of coast formation to achieve a state of dynamic equilibrium includes stages of inertia and variability. Inertial states are the certain periods when a certain set of factors and conditions and corresponding to them type of coast prevails. Variability is a change in factors and conditions, as a result of which new types of shores or fluctuations in the characteristics of the coastal zone (movement of shoals and dynamic coastal systems, seasonal changes in shore profiles) are formed.*

**Keywords:** reservoir, coastal zone, stages of development, abrasion-accumulative processes, dynamic coastal systems, heredity and direction of the process.

**Надійшла до редколегії 30.07.2021**

**DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.4>**  
УДК 556.5.06

**Корнієнко В.О., Ободовський О.Г., Лук'янець О.І.**  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**ОЦІНКА БАГАТОРІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ СЕРЕДНЬОГО РІЧНОГО СТОКУ ВОДИ  
РІЧОК БАСЕЙНУ ПРИП'ЯТІ В МЕЖАХ УКРАЇНИ ТА ЙОГО РОЗРАХУНКОВІ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ У ФАЗИ ВОДНОСТІ**

*Вивчення циклічності багаторічних коливань стоку води річок, що сприяє встановленню багаторічної динаміки водності та потенційних (прогнозних) її змін – актуальне питання сучасних гідрологічних досліджень. Для опису багаторічної мінливості стоку води річок та її структури (циклів та фаз водності) найбільш ефективним методом є стохастичний, що ґрунтуються на математичній статистиці, теорії випадкових величин та функцій, теорії ймовірностей. Для виявлення стохастичних закономірностей багаторічної мінливості використано автокореляційний аналіз, різноманітні критерії-статистики (однорідності, серій, довжини серій), сумарні та різницеві інтегральні криві, теорія ймовірностей, кореляційні*

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 3 (61)

зв'язки, статистична оцінка ймовірних похибок тощо. За результатами дослідження багаторічної мінливості середнього річного водного стоку річок басейну р. Прип'ять в межах України, встановлено, що цикли з періодами  $29 \pm 2$  років мають високу достовірність та свідчать про стабільність повторюваності періодів низької ( $10 \pm 2$  років) та високої водності ( $17 \pm 2$  років). За виявленими стохастичними закономірностями передбачається, що до 2025-26 рр. варто очікувати продовження маловодної фази водності, після цього з тривалістю 16-17 років розпочнеться багатоводна фаза і з 2044-45 рр. знову буде маловоддя до 2055-56 рр. За запропонованими рівняннями регресії між середньорічними витратами води за багаторічний період та їхніми середніми значеннями в період багатоводної і маловодної фаз водності та отриманими перехідними коефіцієнтами можна встановити розрахункові характеристики стоку різної забезпеченості у фази водності, тим самим дати їй їх прогнозні оцінки.

**Ключові слова:** середньорічний стік, багаторічна мінливість, цикли та фази водності, стохастичні закономірності, прогнозні оцінки, річка Прип'ять, річки басейну Прип'яті в межах України.

**Вступ.** Багаторічна мінливість водного стоку річок пов'язана, в першу чергу, з ймовірнісним характером його змін у часі, виявлення закономірностей якої проявляється у коливаннях стоку. Для досліджень багаторічних коливань водного стоку річок використовуються різноманітні методи, як детерміновані, що ґрунтуються на вивченні процесів формування стоку, так й стохастичні – на математичній статистиці, теорії випадкових величин та функцій, теорії ймовірностей [1,8].

Річковий стік води – це комплексний показник впливу різноманітних, багаточисельних факторів довкілля, які залучені до його формування та сполучення яких має випадковий характер. Тому випадковість притаманна й стоку води річок, яка обумовлена не тільки багатофакторністю цього процесу, а й обмеженістю даних спостережень, певними змушеними припущеннями про механізм його формування тощо. Дослідження стохастичних закономірностей у багаторічної мінливості стоку води річок є найбільш ефективним для опису її структури з виділенням циклів та фаз водності [2, 5, 9].

Вивчення циклічності багаторічних коливань стоку води річок, що сприяє встановленню багаторічної динаміки водності та потенційних (прогнозних) її змін – актуальне питання сучасних гідрологічних досліджень.

**Мета роботи** – на основі виявлених стохастичних закономірностей у багаторічної мінливості середнього річного стоку води річок української частини басейну Прип'яті провести оцінку його розрахункових характеристик у багатоводну та маловодну фази водності.

**Вихідні дані.** В басейні р. Прип'ять в межах України нараховується 28 гідрологічних постів, на яких проводять спостереження за стоком води. В основному, на притоках з площами водозборів від 141 до 13300 км<sup>2</sup> та з періодами спостереження від 33 до 80 років.

Для виявлення стохастичних закономірностей у дослідженні багаторічних коливань водного стоку доцільно використовувати тривалі ряди спостережень за стоком води з великими площами водозборів, які виключають вплив азональних проявів місцевих умов, випадкових факторів та показують в цілому основні тенденції часової мінливості стоку води на великій території річкового басейну [3, 6, 10, 12]. Тому, для опису структури мінливості середнього річного стоку води річок української частини Прип'яті в дослідженні використані ряди спостереження за даними гідрологічного поста р. Прип'ять – м. Мозир, що розташований на території Республіки Білорусь та є замикальним створом водозбору р. Прип'ять з площею 101000 км<sup>2</sup> (загальна площа водозбору р. Прип'ять 114300 км<sup>2</sup>) та тривалим періодом спостережень з 1882 по 2019 рр. (138 років).

В межах гирлової ділянки р. Прип'ять на території України відсутні гідрологічні пости, де проводять спостереження за стоком води з достатньою часовою тривалістю рядів [4].

Базовий досліджуваний ряд середньорічних витрат води р. Прип'ять – м. Мозир перевірено на статистичну однорідність, в результаті встановлено, що прийняті нульові гіпотези критеріїв Стьюдента, Фішера та Вількоксона при рівні значущості  $2\alpha=5\%$  не спростовуються. Це добре прослідковується й за сумарною інтегральною кривою, де на відповідному графіку (рис.1) наочно видно, що різких переломних точок на збільшення чи зменшення середнього річного стоку води в багаторічному розрізі немає, що свідчить про однорідність досліджуваного ряду та відсутність кардинальних змін.

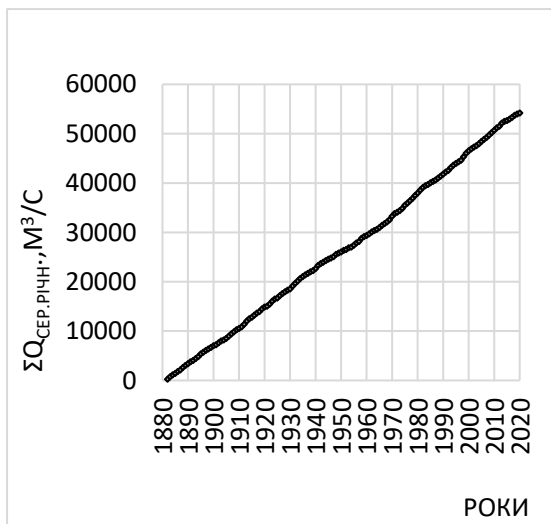


Рис. 1. Сумарна інтегральна крива середньорічних витрат води р. Прип'ять – м. Мозир

**Результати дослідження.** Як слід з вищезазначеного, аналіз багаторічних мінливості середнього стоку води річок досліджуваної території передбачає виявлення структури часових коливань стоку води (циклів та фаз водності) р. Прип'ять за даними гідрологічного поста м. Мозир з подальшою

оцінкою просторової специфіки змін водності на річках басейну.

Для формалізації багаторічних коливань річного водного стоку досліджуваної території у вигляді циклів водності та оцінювання їх кількісних показників, насамперед, тривалості, було застосовано автокореляційний аналіз часових послідовностей середньорічних витрат води р. Прип'ять – м. Мозир. В результаті такого аналізу отримали автокореляційну функцію  $R(t, \tau)$ , яка показує статистичну внутрішню кореляцію між членами ряду спостережень, упорядкованих у часі (рис.2).

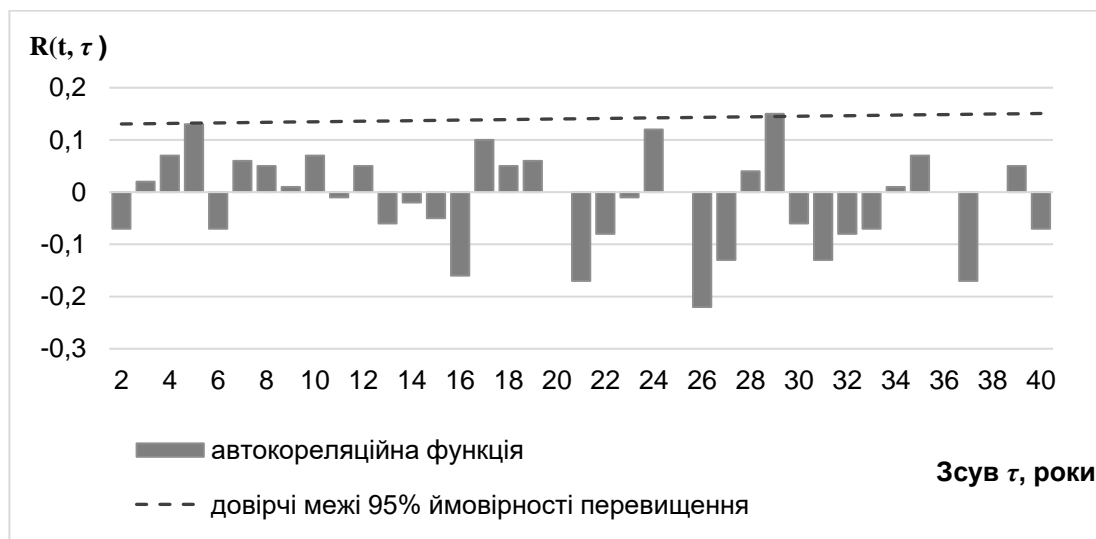


Рис 2 Корелограма часових послідовностей середньорічних витрат води р. Прип'ять – м. Мозир

Слід відмітити, що для вибору часового параметру  $\tau$  – крок часового зсуву між перерізами, пропонуються різні співвідношення від довжини послідовності  $N$  [1, 8, 11]. В практиці гідрологічних розрахунків, враховуючи специфіку рядів стоку води,  $\tau = 1/(3 \leftrightarrow 4)$ . Тобто, в нашому випадку, для отримання достовірних результатів значення часового зсуву приймалися в межах від 2 до 40 років [7], оскільки довжина реалізації послідовності середньорічних витрат води р. Прип'ять – м. Мозир дорівнює 138 років (1882-2019 р.).

Для визначення статистичної значущості визначених ординат автокореляційної функції було попередньо розраховано довірчі межі (ДМ  $R(t, \tau)$ ) 95% ймовірності перевищення в рамках прийнятої області реалізації – нижня межа (для  $\tau = 2$ ) ДМ  $R(t, \tau) = 0,13$ , верхня межа (для  $\tau = 40$ ) ДМ  $R(t, \tau) = 0,15$ .

Проаналізувавши закономірний хід функцій  $R(t, \tau)$  (рис. 2), яка в залежності від величини зсуву приймає додатні або від'ємні значення, в довірчі межі 95% ймовірності перевищення потрапляють ординати, що відповідають крокам часового зсуву 5 та 29 років. Це свідчить про те, що існують подібні тенденції коливань стоку води кожні 5 та 29 років.

Таким чином, переважаючий цикл, що відображає більш-менш тривалі природні коливання середньорічних витрат води р. Прип'ять–м.Мозир становить 29 років.

Для перевірки статистичної достовірності існування періодів (фаз) підвищеної та пониженої водності, застосовано критерій серій за статистикою  $t_u$ . [1,11]. Під серією розуміють будь-яку ділянку послідовності  $N$ , що складається з елементів одного й того ж роду. В нашому випадку до першої групи серій з елементів відносилися члени послідовності, значення яких перевищують вибіркоче середнє, а до другої – серії з елементів, значення яких менше його. Для досліджуваного ряду середньорічних витрат води були обраховані розрахункові параметри за критерієм серій та його статистика, що складає  $t_u = 2,56$ . При рівні значущості  $\alpha = 1\%$  статистика критерію не перевищила критичне значення і попала в довірчі межі, що свідчить про статистично достовірну тенденцію до утворення угруповань (серій) підвищених і понижених значень у досліджуваній послідовності.

В якості тестової статистики тривалості підвищених або понижених угруповань років використана статистика найбільшої довжини серій  $K$  [1,8,12]. Для підтвердження гіпотези значення статистики  $K$  (емпірична величина) порівнюється з аналітичним  $K\alpha$  при рівні значимості  $\alpha$ . За даними спостережень середньорічних витрат води на р. Прип'ять–м. Мозир чітко виділяється довжини понижених угруповань, що складає  $\approx 10$  років (наприклад, з 1896 по 1905 рр.), тобто емпіричне значення статистики  $K = 10$ . Враховуючи, що період спостережень складає 138 років, то аналітичне значення статистики найбільшої довжини серій  $K\alpha = 10,4$  (при рівні значимості  $2\alpha = 5\%$ ). Порівнявши  $K$  та  $K\alpha$ , отримали  $K < K\alpha$ , що підтверджує існування тенденції до угруповань у послідовностях середньорічного стоку води і вони вважаються статистично достовірними. Таким чином, теоретично доведено, що угруповання маловодних років можуть складати  $10 \pm 2$  років.

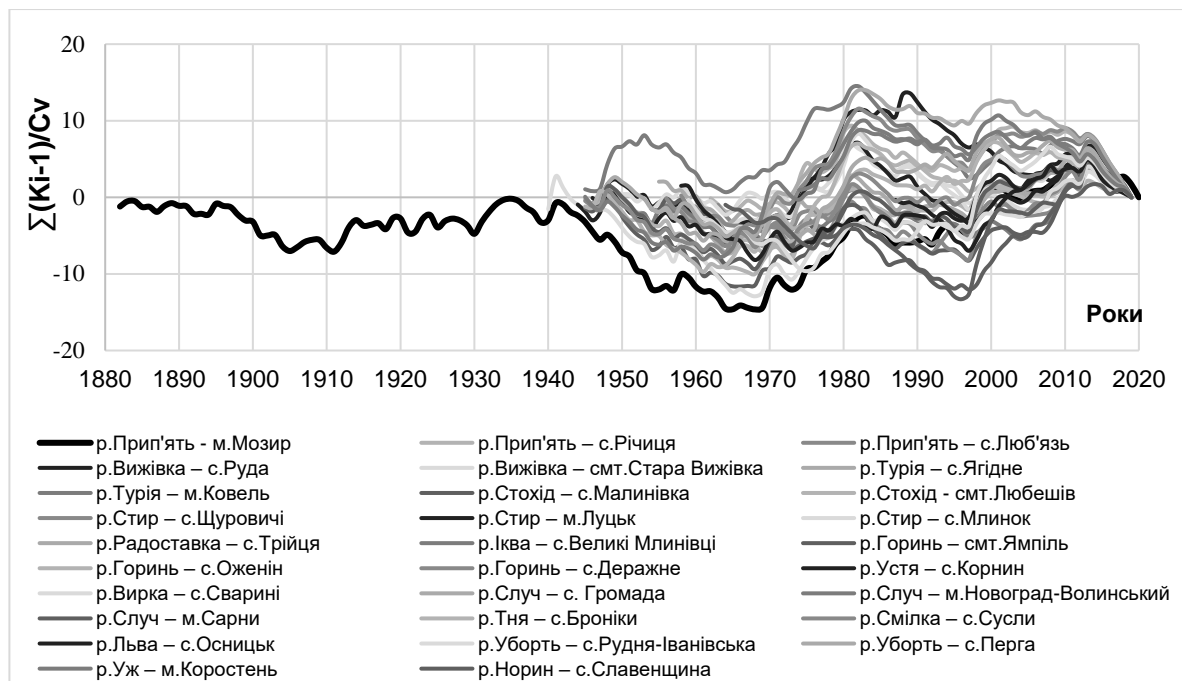
За виявленими стохастичними закономірностями у коливаннях середньорічного стоку води р. Прип'ять–м. Мозир визначено повторюваність циклу, що складає  $29 \pm 2$  років та в межах циклу виділено тривалість маловодної фази ( $10 \pm 2$  років). Таким чином тривалість багатоводної фази може бути в межах  $19 \pm 2$  років. В табл. 1 подано періоди багатоводних та маловодних фаз, середні за періоди фаз водності витрати води та прогнозні оцінки стоку р. Прип'ять-м. Мозир на період до 2056 року з вказівкою стандартних відхилень у фазі водності.

Таблиця 1. Середні за періоди фаз водності витрати води р. Прип'ять – м. Мозир та прогнозні оцінки стоку на період до 2056 року

Характеристика	За даними спостережень									Прогнозні оцінки ( $\pm$ стандартне відхилення)		
	1882-1989	1899-1911	1912-1927	1928-1939	1940-1958	1959-1968	1969-1985	1986-1997	1998-2013	2014-2025-26	2026-2042-43	2044-2055-56
Період (роки)												
Фаза водності*	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Середня за періоди водності витрата, м <sup>3</sup> /с	373	345	423	385	346	334	464	382	471	362 $\pm$ 50	412 $\pm$ 70	362 $\pm$ 50

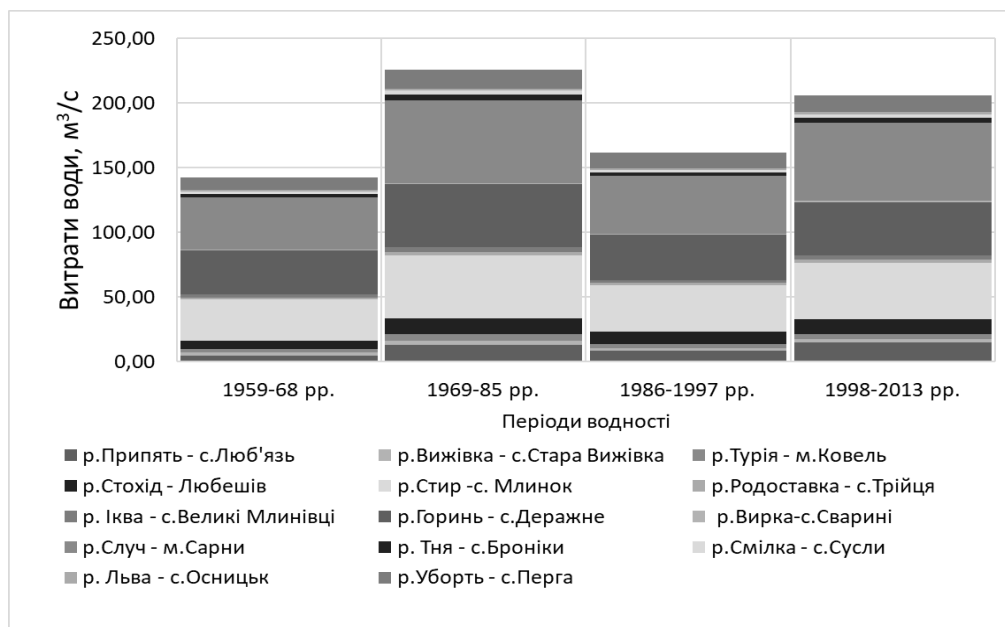
Примітка. \*Фази водності - ↑ багатоводна, ↓ маловодна

Для з'ясування характеру мінливості стоку води в межах української частини басейну Прип'яті побудовано суміщені різниці інтегральні криві середніх річних витрат води річок, що знаходяться на досліджуваній території та р. Прип'ять – м. Мозир, як замикального створу (рис. 3). Аналіз показав, що внутрішні циклічні коливання водності річок, що знаходяться в межах української частини басейну р. Прип'ять мають ідентичну структуру.



**Рис. 3. Суміщені різницеві інтегральні криві середніх річних витрат води р. Прип'ять – м. Мозир та річок, що знаходяться в межах української частини басейну р. Прип'ять**

Використовуючи межі багатоводних та маловодних фаз, що встановлені для р. Прип'ять – м. Мозир, визначено для річок для річок української частини басейну р. Прип'ять, на яких ведуться спостереження за водним стоком, середні витрати води в період цих фаз водності. Для відображення змін стокових складових у цілому з часом на рис. 4 показана гістограма з накопиченням витрат води у періоди водності по основним річкам у замикальних створах в межах досліджуваної території.



**Рис. 4. Гістограма накопичення середніх річних витрат води за виділеними періодами водності річок в басейні Прип'яті в межах України**

Як бачимо з рис. 3-4 для всіх річок басейну р. Прип'ять в межах України виділяється циклічна мінливість, багатоводні та маловодні фази водності, які є подібними.

Для узагальнення структури багаторічної мінливості середнього річного стоку води річок басейну Прип'яті в межах України побудовано кореляційні залежності середніх багаторічних витрат води річок досліджуваної території та їх значень в періоди багатоводних та маловодних фаз водності (рис. 5).

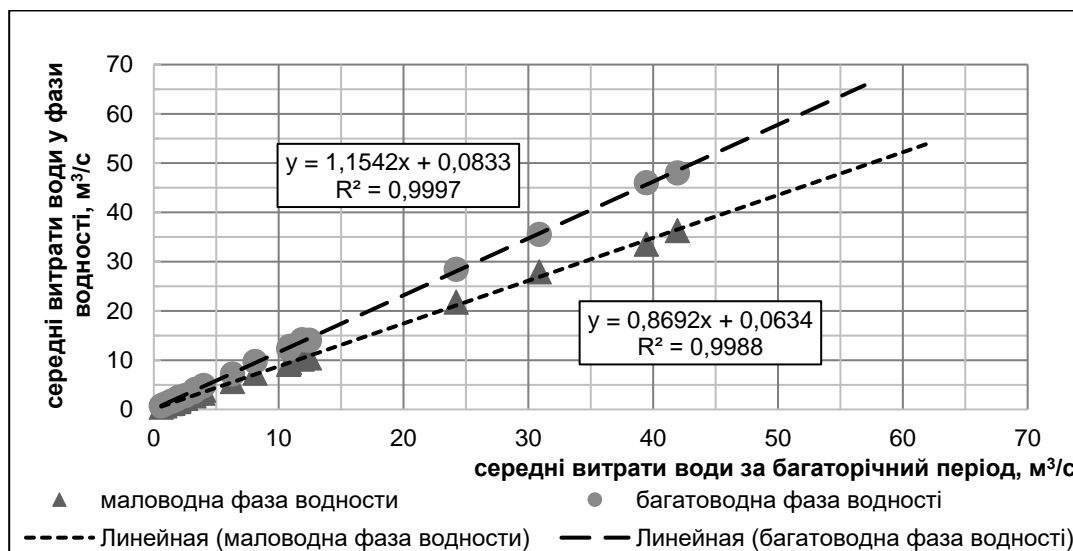


Рис 5. Співвідношення середніх витрат води річок р. Прип'ять в межах України у періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень

За поданими співвідношеннями оцінку середнього стоку у багатоводну  $\bar{Q}_{\text{баг\_водн.}}$  та маловодну  $\bar{Q}_{\text{мал\_водн.}}$  фази за середньою багаторічною витратою води можна проводити за рівняннями регресії з високим рівнем апроксимації  $R^2$ :

$$\bar{Q}_{\text{баг\_водн.}} = 1,1542\bar{Q} + 0,0833, \tag{1}$$

$$\bar{Q}_{\text{мал\_водн.}} = 0,8692\bar{Q} + 0,0634. \tag{2}$$

Було розраховано ймовірні похибки визначення середніх витрат води у багатоводні та маловодні періоди та проведено осереднення їх значень (табл. 4). Вони подані у відсотках та визначаються за пропорцією від значень середніх витрат води у відповідну фазу водності.

Таблиця 2. Ймовірне відхилення розрахункових величин середньорічного стоку води багатоводних та маловодних фаз для річок р. Прип'ять в межах України

річки басейну р. Прип'ять в межах України	Ймовірне відхилення величин стоку води, %	
	багатоводна фаза	маловодна фаза
	± 2,12	± 5,04

Запропоновані рівняння регресії (1-2) були перевірені за даними спостережень за середніми річними витратами води попередніх років на 25 гідрологічних постах з визначенням показника ймовірності перевищення допустимого відхилення. Забезпеченість прогнозних оцінок для річок басейну р. Прип'ять в межах України в середньому для багатоводних періодів склала 82%, для маловодних – 77%. Ці відсотки показують, що прогнозі оцінки за запропонованими рівняння можна віднести до категорії «добрих» та «задовільних» відповідно. Випадки, коли не справились прогнозні оцінки, переважно

відносяться до дуже малих водозборів чи з суттєвим впливом водогосподарської діяльності на стік води річок.

Високий рівень апроксимації запропонованих рівнянь та значущість побудованих залежностей дало змогу узагальнити для річок р. Прип'ять в межах України ймовірні значення середніх витрат води, які можна очікувати у періоди багатоводної та маловодної фази циклу, в залежності від їх середніх багаторічних значень (табл. 3).

**Таблиця 3. Приклад переходу від середніх річних витрат води (багаторічних значень) до їх величин інших забезпеченостей в періоди маловодної та багатоводної фаз водності для річок басейну р. Прип'ять в межах України за допомогою перехідних коефіцієнтів**

Ймовірність перевищення (забезпеченість), %														
0,01	0,10	1,00	3,00	5,00	10	25	50	75	90	95	97	99	99,9	
Середнє значення перехідних коефіцієнтів за багаточний період $K_p$														
3,31	2,77	2,19	1,89	1,75	1,54	1,23	0,94	0,71	0,54	0,45	0,40	0,33	0,28	
Значення перехідного коефіцієнту $K_{p\text{малов.}}$ в період маловодної фази														
2,68	2,24	1,77	1,52	1,41	1,24	0,98	0,75	0,56	0,42	0,35	0,31	0,25	0,21	
Значення перехідного коефіцієнту $K_{p\text{багатовод.}}$ в період багатоводної фази														
3,73	3,13	2,48	2,14	1,98	1,75	1,40	1,08	0,82	0,63	0,53	0,47	0,39	0,34	

Отримані результати (табл.3) можна використати для прогнозних оцінок можливих значень характеристик середньорічного стоку в періоди багатоводної та маловодної фаз водності будь-якої річки р. Прип'ять в межах України.

Застосувавши розраховані коефіцієнти  $K_p$  переходу від середніх річних витрат води (багаторічних значень) до їх величин інших забезпеченостей для річок басейну р. Прип'ять в межах України можна очікувати відповідні значення середньорічного стоку води в періоди багатоводної та маловодної фаз певної забезпеченості (табл.3).

Таким чином, для річок р. Прип'ять в межах України можна використовувати осереднені значення перехідних коефіцієнтів  $K_p$  від середньорічних річних витрат води до їх ймовірних величин інших забезпеченостей в періоди багатоводної та маловодної фаз водності.

**Висновки.** За результатами дослідження стохастичних закономірностей багаторічної мінливості середнього річного водного стоку річок басейну Прип'яті в межах України, що супроводжувалось аналізом циклічності багаторічних коливань та їх структури, встановлено, що цикли з періодами  $29 \pm 2$  років мають високу достовірність та свідчать про стабільність повторюваності періодів низької ( $10 \pm 2$  років) та високої водності ( $17 \pm 2$  років). За виявленими стохастичними закономірностями передбачається, що до 2025-26 рр. варто очікувати продовження маловодної фази водності, після цього з тривалістю 16-17 років розпочнеться багатоводна фаза і з 2044-45 рр. знову буде маловоддя до 2055-56 рр.

За запропонованими рівняннями регресії зі значною апроксимацією між середньорічними витратами води за багаторічний період та їхніми середніми значеннями в період багатоводної і маловодної фаз водності та отриманими перехідними коефіцієнтами можна встановити розрахункові характеристики стоку різної забезпеченості у фази водності, тим самим дати й їх прогнози оцінки.

#### Список літератури.

1. Картвелишвили Н. А. Стохастическая гидрология: монография. Ленинград : Гидрометеоздат, 1975. 162 с.
2. Лук'янець О.І., Камінська Т.П. Закономірності та просторова синхронність багаторічних циклічних коливань водного стоку річок Українських Карпат. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т.: Географія. 2015. Вип. 744-745 с. 18-24.
3. Лук'янець О.І., Соседко М.М. Багаторічні коливання водності в Карпатах. Матеріали міжнародної конференції "Стихійні явища у Карпатах". Рахів. 1999. с.195-199.

4. Лукьянец О.И., Корниенко В.А. Расчетные характеристики среднего годового стока воды рек правобережной части Припяти. Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды». БрГУ имени А. С. Пушкина, 2017. Часть 1. с. 180-183.

5. Ободовський О. Г., Лук'янець О. І. Виявлення та прогнозна оцінка коливань водності річок Карпатського регіону. Матеріали Міжнар. наук. конф. «Від географії до географічного українознавства: еволюція освітньо-наукових ідей та пошуків (до 140-річчя започаткування географії у Чернівецькому національному університеті ім. Ю. Федьковича)». Чернівці: Чернів. нац. ун-т. 2016. с. 170-171.

6. Соседко М.М. Лук'янець О. І. Можливості оцінювання річкового стоку в Карпатах на найближчі роки з урахуванням його багаторічних коливань. Наук. праці УкрНДГМІ. 1998. Вип. 246. С. 46-55.

7. Сусідко М.М. Лук'янець О. І. Багаторічні коливання водності в Україні. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 4. с. 34-40.

8. Христофоров А. В. Теория случайных процессов в гидрологии: монография. Москва: МГУ. 1994. 143 с.

9. Lukianets O., Obodovskyi O., Grebin V., Pochaievets O. Time series analysis and forecast estimates of the mean annual water runoff of rivers in of the Prut and Siret basins (within Ukraine). Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Kyiv. 2019. p. 133-139.

10. Lukianets O., Obodovskyi I. Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers' Streamflow of the Drainage Basin of the Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. Environmental Research, Engineering and Management. 2015. No. 71 (1). p. 36-46.

11. Lukianets O. Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). Electronic Book with full papers from XXVII Conference of Danubian Countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management. 2017. Golden Sands. Bulgaria. p. 280-290.

12. Obodovskyi O., Lukianets O. Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians Rivers. Environmental Research, Engineering & Management. 2017. Vol. 73 No.1. p. 33-47 DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.ere.m.73.1.15799>.

#### References

1. Kartvelishvili N. A. Stokhasticheskaya gidrologiya: monografiya [Stochastic hydrology: a monograph] Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 162 s.

2. Lukianets O.I., Kaminska T.P. Zakonomirnosti ta prostorova synkhronnist' bahatorichnykh tsyklichnykh kolyvan' vodnoho stoku richok Ukrayins'kykh Karpat [Regularities and spatial synchronicity of long-term cyclic fluctuations of water runoff of rivers of the Ukrainian Carpathians] Naukovyy visnyk Chernivets'koho universytetu: zbirnyk naukovykh prats'. Chernivtsi: Chernivets'kyy nats. un-t.: Heohrafiya. 2015. Vyp. 744-745 s. 18-24.

3. Lukianets O.I., Sosedko M.M. Bahatorichni kolyvannya vodnosti v Karpatakh [Perennial water fluctuations in the Carpathians]. Materialy mizhnarodnoyi konferentsiyi "Stykhiyni yavlyshcha u Karpatakh". Rakhiv. 1999. s.195-199.

4. Lukianets O.I., Korniienko V.A. Raschetnyye kharakteristiki srednego godovogo stoka vody rek pravoberezhnoy chasti Pripyati [Estimated characteristics of the average annual water runoff of the rivers of the right-bank part of Pripyat]. Cbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy nauk o Zemle: ispol'zovaniye prirodnykh resursov i sokhraneniye okruzhayushchey sredy». BrGU imeni A. S. Pushkina, 2017. Chast' 1. s. 180-183.

5. Obodovskyi O. H., Lukianets O. I. Vvyavlennya ta prohnozna otsinka kolyvan' vodnosti richok Karpat-s'koho rehionu [Detection and forecast assessment of water fluctuations of rivers in the Carpathian region]. Materialy Mizhnar. nauk. конф. «Vid heohrafiyi do heohrafichnoho ukrayinoznavstva: evolyutsiya osvith'o-naukovykh idey ta poshukiv (do 140-richchya zapochatkuvannya heohrafiyi u Chernivets'komu natsional'nomu universyteti im. YU. Fed'kovycha)». Chernivtsi: Cherniv. nats. un-t. 2016. s. 170-171.

6. Sosedko M. M. Lukianets O. I. Mozhlyvosti otsinyuvannya richkovoho stoku v Karpatakh na nayblyzchi roky z urakhuvanniam yoho bahatorichnykh kolyvan' [Possibilities of estimating river runoff in the Carpathians for the coming years, taking into account its long-term fluctuations]. Nauk. pratsi UkrNDHMI. 1998. Vyp. 246. S. 46-55.

7. Susidko M. M. Lukianets O. I. Bahatorichni kolyvannya vodnosti v Ukrayini [Perennial water fluctuations in Ukraine]. Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya. 2010. T. 4. s. 34-40.

8. Khristoforov A. V. Teoriya sluchaynykh protsessov v gidrologii: monografiya [Theory of random processes in hydrology: monograph]. Moskva: MGU. 1994. 143 s.



9. Lukianets O., Obodovskyi O., Grebin V., Pochaiyevets O. Time series analysis and forecast estimates of the mean annual water runoff of rivers in of the Prut and Siret basins (within Ukraine). Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Kyiv. 2019. p. 133-139.

10. Lukianets O., Obodovskyi I. Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers' Streamflow of the Drainage Basin of the Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. Environmental Research, Engineering and Management. 2015. No. 71 (1). p. 36-46.

11. Lukianets O. Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). Electronic Book with full papers from XXVII Conference of Danubian Countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management. 2017. Golden Sands. Bulgaria. p. 280-290.

12. Obodovskyi O., Lukianets O. Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians Rivers. Environmental Research, Engineering & Management. 2017. Vol. 73 No.1. p. 33-47 DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.73.1.15799>.

#### **Оценка многолетней изменчивости среднего годового стока воды рек бассейна Припяти по Украине и его расчетные характеристики в фазы водности**

**Корниенко В.А., Ободовський А. Г., Лукьянец О.И.**

*Изучение цикличности многолетних колебаний стока воды рек, способствует установлению многолетней динамики водности и потенциальных (прогнозных) ее изменений - актуальный вопрос современных гидрологических исследований. Для описания многолетней изменчивости стока воды рек и ее структуры (циклов и фаз водности) наиболее эффективным методом является стохастический, основанные на математической статистике, теории случайных величин и функций, теории вероятностей. Для выявления стохастических закономерностей многолетней изменчивости использовано автокорреляционный анализ, различные критерии-статистики (однородности, серий, длины серий), суммарные и разностные интегральные кривые, теория вероятностей, корреляционные связи, статистическая оценка вероятных ошибок и тому подобное. По результатам исследования многолетней изменчивости среднего годового водного стока рек бассейна р. Припять в пределах Украины, установлено, что циклы с периодами  $29 \pm 2$  лет имеют высокую достоверность и свидетельствуют о стабильности повторяемости периодов низкой ( $10 \pm 2$  лет) и высокой водности ( $17 \pm 2$  лет). По выявленным стохастическими закономерностями предполагается, что к 2025-26 гг. следует ожидать продолжения маловодной фазы водности, после этого с продолжительностью 16-17 лет начнется многоводная фаза и с 2044-45 гг. вновь будет маловодье в 2055-56 гг. По предложенным уравнениями регрессии между среднегодовыми расходами воды за многолетний период и их средними значениями в период многоводной и маловодной фаз водности и полученными переходными коэффициентами можно установить расчетные характеристики стока различной обеспеченности в фазы водности, тем самым дать и их прогнозе оценки.*

**Ключевые слова:** среднегодовой сток, многолетняя изменчивость, циклы и фазы водности, стохастические закономерности, прогнозные оценки, река Припять, реки бассейна Припяти в пределах Украины.

#### **Estimation of long-term variability of the average annual water runoff of the rivers of the Pripjat basin in Ukraine and its calculated characteristics in the phases of water content**

**Korniienko V., Obodovskyi O., Lukianets O.**

*The aim of the study was to analyze the long-term variability of the average annual water runoff of the rivers of the Pripjat basin within Ukraine and to assess its calculated characteristics in the high-water and low-water phases of water content. The research of the cyclical nature of long-term fluctuations of river water flow, which contributes to the establishment of long-term dynamics of water content and potential (forecast) changes - is a topical issue of modern hydrological research. To describe the long-term variability of river water flow and its structure (cycles and phases of water content) the most effective method is stochastic, based on mathematical statistics, the theory of random variables and functions, probability theory. Autocorrelation analysis, various statistical criteria (homogeneity, series, series lengths), total and difference integral curves, probability theory, correlations, statistical estimation of probable errors, etc. were used to identify stochastic regularities of long-term variability. According to the results of the study of long-term variability of the average annual water runoff of the rivers of the Pripjat basin within Ukraine, it is established that cycles with periods of  $29 \pm 2$  years have high reliability and indicate stability of periods of low ( $10 \pm 2$  years) and high water content. ( $17 \pm 2$  years). According to the identified stochastic patterns, it is assumed that by 2025-26 it is necessary to expect the continuation of the low-water phase of water, then with the duration of 16-17 years the high-water phase will begin and from 2044-45 there will be low water again until 2055-56. According to the proposed regression equations between the average annual water discharge for a long-term period and their average values during the high-water and low-water phases of water content (with very significant approximation coefficients) and the obtained transition coefficients, it is possible to establish the calculated characteristics of the average annual flow of water of various availability in the high-water and low-water phases of water content, thereby giving their forecast estimates.*

**Keywords:** average annual runoff, long-term variability, cycles and phases of water content, stochastic patterns, forecast estimates, the Pripjat river, rivers of the Pripjat basin within Ukraine.

**Надійшла до редколегії 05.08.2021**

# ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЛОБАЛЬНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.5>

УДК 551.577.21; 551.501.86

**Сокур К.С., Паламарчук Л.В.**

*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ*

## **СУПУТНИКОВІ ВИМІРЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ОПАДІВ ТА ЇХ ВЕРИФІКАЦІЯ**

Головним завданням у дослідженні було встановлення доцільності роботи з даними дистанційного зондування атмосфери (спутникові дані GPM IMERG), а саме оцінювання визначеної дистанційно інтенсивності окремих подій дуже сильних опадів (50 мм і більше за 12 годин і менше), що спостерігаються над територією України. Для цього. проводилася верифікація супутникових даних результатами спостережень наземних станцій (дані північів). Дослідження полягало в опрацюванні даних та карт-продуктів IMERG, побудові на їх основі таблиць та графіків, розрахунку статистичних індексів та їх оцінюванні. Всього було використано 7 статистичних параметрів, а саме: систематична похибка (*bias*), середня абсолютна помилка ( $\epsilon$ ), середня квадратична похибка ( $\sigma$ ), коефіцієнт кореляції Пірсона (*r*), фактор 2-х (FA2), фактор 5-ти (FA5), індекс узгодженості (Index of Agreement, IOA).

Розрахунок статистичних параметрів проводився як для окремих випадків дуже сильних опадів, так і для добових сум опадів. Встановлено, що зв'язки супутникового та наземного рядів даних статистично не значимі. Дані IMERG при оцінці окремих подій дуже сильних опадів над рівнинною Україною демонструють суттєві похибки, що може бути спричинено як невідповідністю дистанційних спостережень самих по собі для такого роду використання, так і зміщенням наземних точок вимірювання у координатній сітці супутникових даних, або часу визначення величин інтенсивності та сум опадів дистанційними та наземними спостереженнями. Тому існує необхідність пошуку нових та вдосконалення запропонованих методичних підходів до аналізу супутникової інформації.

**Ключові слова:** дистанційні методи вимірювання опадів, дуже сильні опади, GPM IMERG, верифікація, статистичні параметри та індекси.

**Вступ.** Кількість атмосферних опадів та режим їх випадання є визначальним чинником формування режиму зволоження будь якого регіону і однією з основних характеристик його клімату. На тлі сучасних кліматичних змін дослідники відмічають збільшення кількості випадків небезпечних та стихійних метеорологічних явищ, в тому числі явищ пов'язаних з формуванням, випаданням та нерівномірним просторово-часовим розподілом опадів. Незважаючи на локальний характер таких явищ як, наприклад, сильні опади, екстремальність їх проявів призводить до значних матеріальних збитків, особливо у великих містах, створюючи загрози для населення, сприяє збільшенню площинної та лінійної ерозії, формуванню паводків та селевих потоків та ін. У зв'язку з цим, дослідження особливостей умов утворення небезпечних та сильних опадів в окремих регіонах, визначення величин, що дозволяють оцінювати їх динаміку та основні параметри випадання є актуальними.

На території України у теплий періоду року значна частина опадів носить зливовий характер і супроводжується несприятливими атмосферними явищами та фізико-географічними процесами. Для оцінювання таких процесів та прогнозування їх наслідків, необхідні дані про суми опадів, їх інтенсивність, зміну величин у часі та просторі. Отримати інструментальні дані можливо такими способами: а) у результаті стандартних метеорологічних вимірювань з використанням північів; б) радарними вимірюваннями; в) використанням супутникової інформації. У [1] вказано на переваги, недоліки та доступність даних отриманих першими двома способами. На території України є 34 метеорологічні станції, де встановлено північів. Вимірювання сум та інтенсивності опадів виконується тут з достатньої достовірності для окремої точки простору, але при

цьому не забезпечуються повні дані про просторовий розподіл величин. На основі радарних спостережень можливо отримати просторовий розподіл, але точність результатів недостатня, крім того існують труднощі в отриманні самих радарних даних. Очевидною є необхідність пошуку таких масивів даних, які з достатньою точністю представляють просторово-часовий розподіл опадів у досліджуваному регіоні і задовольнити такі вимоги можуть результати супутникових спостережень.

У останнє десятиріччя з'явилися роботи, переважно зарубіжних авторів, що висвітлюють проблеми відновлення полів опадів, їх сум та інтенсивності за супутниковими даними. Такі роботи виконувалися переважно у рамках крупних міжнародних проектів таких як GPCP ( the Global Precipitation Climatology Project), TRMM (the Tropical Rainfall Measuring Mission ) та інших. У роботах [8,11] показано оцінювання та порівняння супутникових та наземних спостережень за опадами, розглядаються результати співставлення значень інтенсивності та сум опадів отриманих різними способами, а також вимоги Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) до супутникової інформації про характеристики опадів залежно від мети їх використання.

Сучасні супутникові дані про опади мало використовуються у дослідженні опадів на території України, тому запропоноване у роботі використання результатів дистанційних спостережень може допомогти у вирішенні багатьох практичних задач і проведенні розрахунків параметрів, що визначають режим зволоження.

**Мета дослідження** – оцінювання можливості використання супутникових даних про інтенсивність та суми опадів, що представлені на (<https://disc.gsfc.nasa.gov/>) для теплого періоду року на окремих метеорологічних станціях території України; верифікація супутникових даних результатами наземних вимірювань та статистична оцінка сумісності рядів даних встановлених різними способами. На основі отриманих результатів будуть сформульовані висновки про можливе подальше використання у розрахунках параметрів опадів для оцінок несприятливих погодних явищ та для визначення трендів величини за тривалі періоди часу.

**Використані дані та методи їх обробки.** У роботі використані дані супутникових спостережень (<https://disc.gsfc.nasa.gov/>) - супутниковий масив опадів IMERG версії 6B-Final, що базується на однойменному алгоритмі (Integrated MultisatellitE Retrievals from GPM) програми GPM. В основі алгоритму лежать дані двох інструментів (двухчастотного радіолокатора і багатоканального пасивного радіометра) основного супутника програми - GPM Core Observatory, виведеного на прецесуючу орбіту з нахилом 65°, періодом близько 95 хв, висотою 407 км. Крім цього, в алгоритмі IMERG акумулюються дані низки інших доступних пасивних мікрохвильових радіометрів, які піддаються обробці і калібруванню (NOAA AMSU, MetOp, DMSP і ін. – зараз 10 інструментів). В областях, що не охоплені траєкторіями супутників з мікрохвильовими радіометрами дані про опади розраховуються за допомогою інфрачервоних радіометрів з геостаціонарних супутників (Meteosat, GOES, Himawari і ін.) відкаліброваних по GPM (GPM constellation). Також, одним з ключових елементів GPM є система обробки опадів PPS, а також валідація з наземними даними (GPM Ground Validation). Оцінки опадів від пасивних мікрохвильових датчиків, що входять в групу GPM, розраховуються з використанням алгоритму профілювання Годдарда (Goddard Profiling Algorithm (GPROF2017) версії 2017 року, прив'язуються до сітки, інтеркалібруються до продукту GPM Combined Radar Radiometer Analysis (з кліматологічним калібруванням GPCP) та об'єднуються у 30-хв поля  $0.1 \times 0.1^\circ$ . Дані надаються з номінальними півгодинними інтервалами по UTC, кожен набір даних 3IMERGHN являє собою 30-хвилинний період часу починаючи з 00 чи 30 хв. Таким чином, перше зображення доби включає в себе дані за інтервал 00:00:00-00:29:59 UTC. Сітка, на якій представлено кожне поле значень, являє собою  $0.1 \times 0.1^\circ$  lat/lon (10 км /  $0,1^\circ$ ), її розмір становить 1800×3600. Існує декілька циклів роботи системи залежно від часу спостережень: спочатку швидка оцінка (IMERG Early Run), потім послідовне надання більш точних оцінок по мірі надходження більшої кількості даних (IMERG Late Run). На останньому етапі використовуються місячні дані датчиків для створення продукту дослідницького рівня (IMERG Final Run).

Дані наземних станцій – дані кількості та інтенсивності опадів за піввіографом,

отримані з метеорологічної мережі України (Метеорологічні щомісячники); використувались дані 17 метеорологічних станцій.

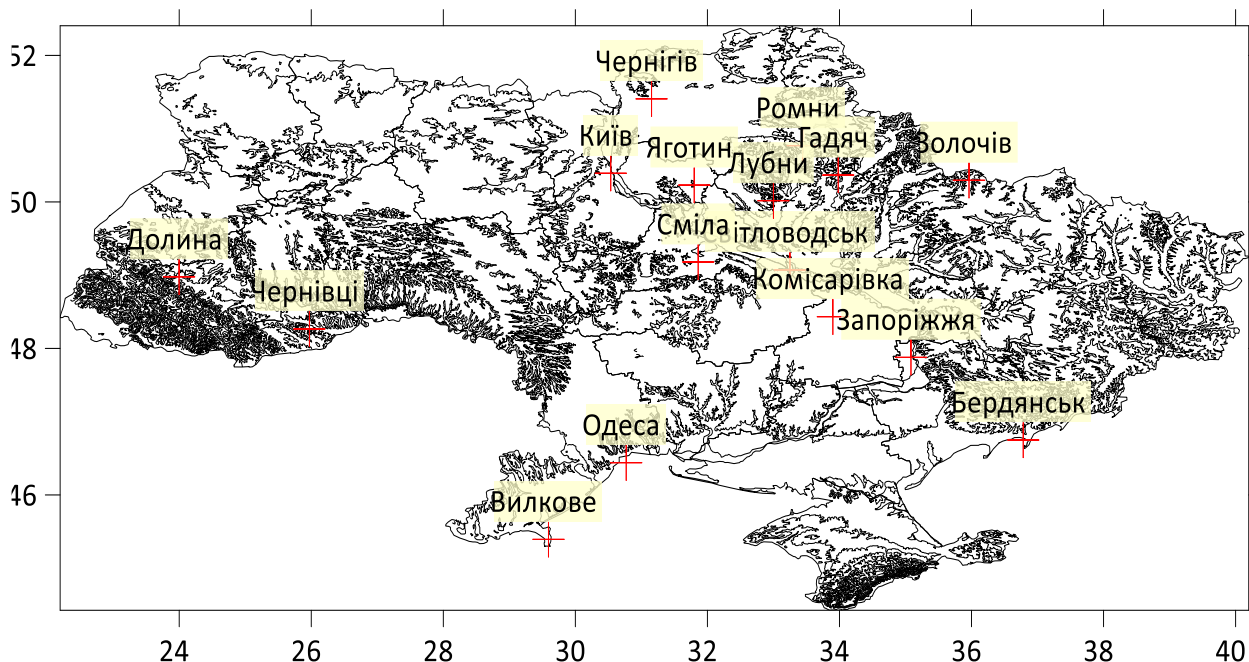


Рис. 1. Розподіл метеорологічних станцій по території України, дані яких було використано в дослідженні

Територія дослідження охоплює територію рівнинної України (45°23-51°24 пн.ш. та 23°59-35°57 сх.д.) з середньою висотою над рівнем моря в середньому 175 м.

Період часу, охоплений дослідженням: березень 2005 –жовтень 2018рр. Протягом даного періоду було обрано випадки дуже сильних опадів (50 мм і більше за 12 годин і менше) для обраних станцій, всього 94 випадки.

Підготовка та опрацювання даних проводились в декілька етапів. Спочатку з загального масиву даних півніографів було виокремлено випадки дуже сильних опадів (50 мм і більше за 12 год і менше). Саме для обраних випадків завантажувались дані IMERG. Ця процедура виконувалася для виявлення того, наскільки точно дистанційні вимірювання відтворюють окремі події опадів значної інтенсивності, на скільки відрізняються між собою значення інтенсивності зафіксовані наземним приладом та приладами дистанційного зондування. Точки на супутниковому зображенні вибирались відповідно до координат наземних станцій.

В роботі використовувався продукт IMERG Final Run. Спочатку, завантажені дані IMERG, представлені в мм/год, переводились в мм/хв. За допомогою програми STATISTICA для узгодження даних (півніограф має крок вимірювань -10-20 хв; дані IMERG - 30 хв) будувались діаграми розсіяння залежності інтенсивності (півніограф, супутник) від часу (рис 2), підбиралась лінія тренду (поліноміальна 5 ступеня), за допомогою лінії тренду проводилась інтерполяція даних, що дозволило отримати значення інтенсивності як для супутника, так і для півніографа з кроком 10 хв. Отримані ряди даних були основою для верифікації (табл. 2).

Також, з сайту <https://disc.gsfc.nasa.gov/> завантажувались карти, що представляють візуалізацію даних для обраного квадрату території та показані у вигляді комірок (0,1° ×0,1°). Колір комірки відповідає величині інтенсивності. За допомогою програми Surfer, на карти накладався шар з точками станцій (за відомими координатами).

Окрім даних інтенсивності IMERG та карт, третім продуктом є значення випадкової похибки (Random error). Випадкова похибка є оцінкою несистематичної складової похибки (табл 1).

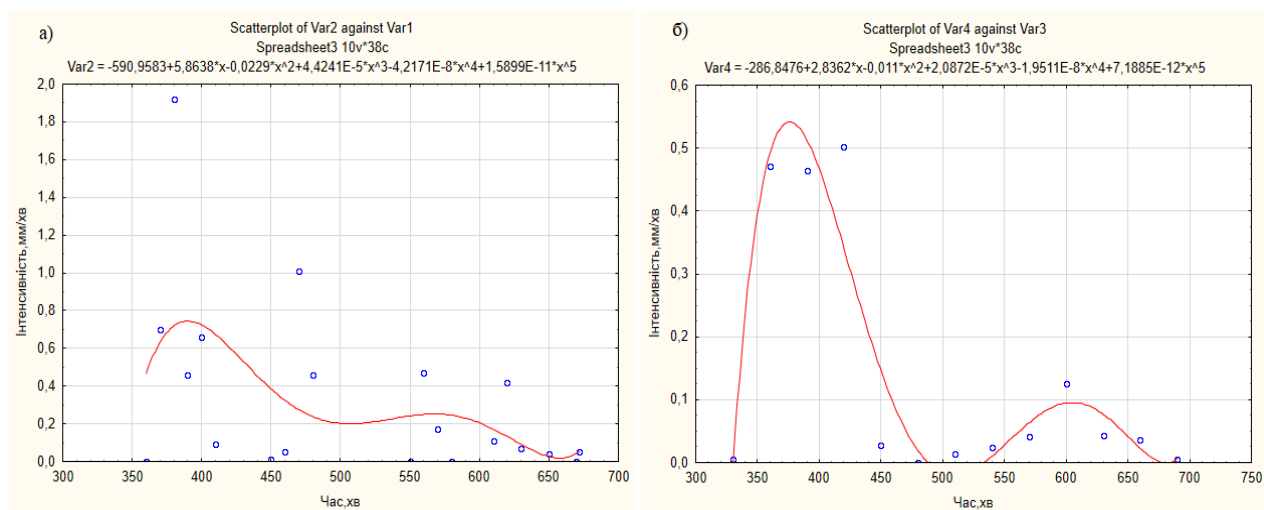


Рис. 2. Діаграми розсіяння залежності інтенсивність-час: а) пльовіограф, б) супутник

На відміну від, наприклад, Австрії (рис.3), де на територію розміром 300 км<sup>2</sup> припадає 153 метеорологічні станції (1 станція на 2 км<sup>2</sup>). Одна комірка 10×10 км на супутниковому зображенні охоплює близько 50 наземних точок вимірювання. На території України в 1 комірку входить максимум одна станція.

На рис.3 показана кількість наземних станцій, що входять в 1 комірку 0,1×0,1° IMERG на території Австрії, на рис. 4 –на території України. Як доведено в ряді робіт, зокрема F. Tian et all, однією з причин неузгодженості супутникових та наземних даних є відсутність достатньої кількості метеорологічних станцій.

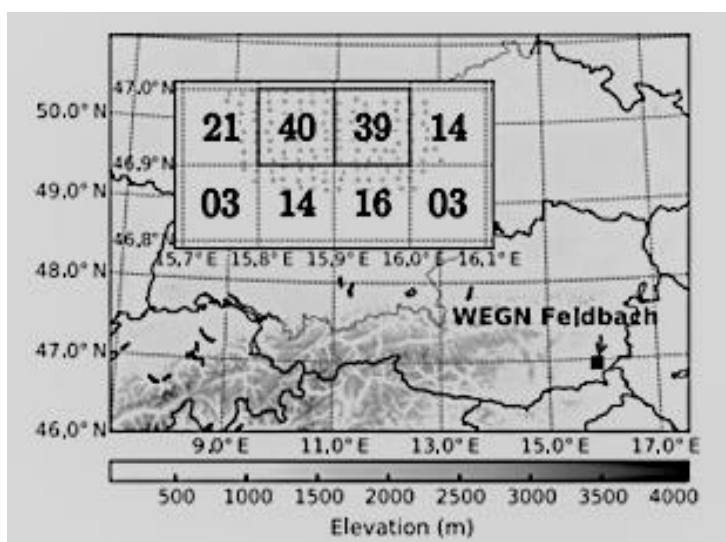


Рис.3. Мережа станцій WEGN (регіон Фельдбах, південно-східна Австрія: кількість наземних станцій, які входять в 1 комірку 0,1×0,1° IMERG

Карти полів опадів та розташування метеорологічних станцій в їх межах показані на рис.4. Як вже було зазначено вище, точки на супутниковому зображенні вибирались відповідно до дійсних координат станцій.

Крім того, було визначено кореляцію між максимальним значенням інтенсивності за супутниковими даними в обраному квадраті та значенням інтенсивності, отриманим пльовіографом в точці станції. Такий підхід виявив ще більшу неузгодженість між величинами, ніж у випадку порівняння значень з відповідними координатами.

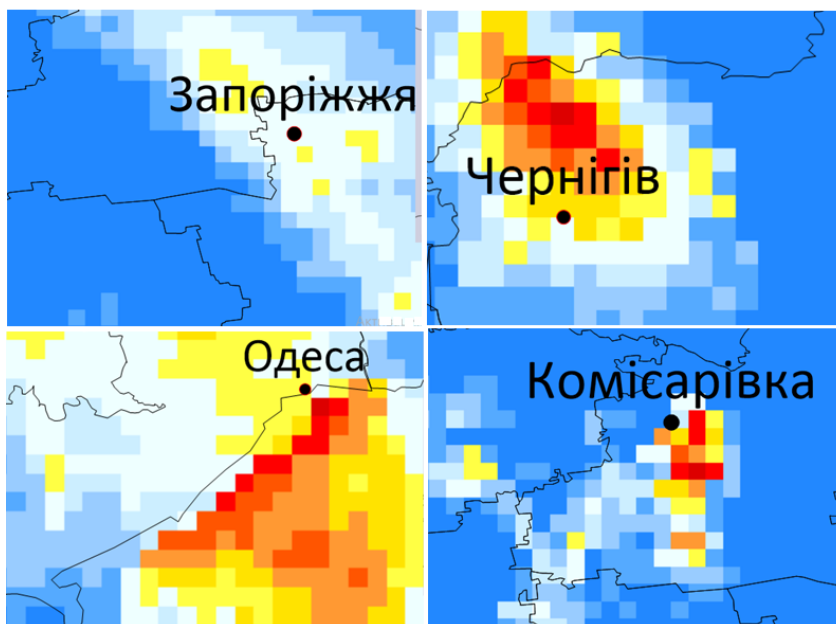


Рис 4. Розташування метеорологічної станції в межах поля опадів

Карта, що відображає накопичені суми опадів за проміжок часу їх випадання  
Map, Accumulated

- a) Запоріжжя (02.09.09): супутник- 39,7 мм; плювіограф- 61,8 мм.  
k=-0,373, зливові в масивах облогових

Map, Accumulated of Multi-satellite precipitation estimate with gauge calibration - Final Run (recommended for general use) half-hourly 0.1 deg. [GPM GPM\_3IMERGHH v06] mm over 2009-09-02 00:30Z - 2009-09-02 12:00:00Z, Region 30.0586E, 46.2744N, 36.2988E, 49.9658N

- b) Чернігів (28.07.2010): супутник – 61,6 мм; плювіограф-69,4 мм.  
k=0,482, зливові

Map, Accumulated of Multi-satellite precipitation estimate with gauge calibration - Final Run (recommended for general use) half-hourly 0.1 deg. [GPM GPM\_3IMERGHH v06] mm over 2010-07-28 06:00Z - 2010-07-28 12:00:00Z, Region 30.52E, 48.9111N, 35.0244E, 52.5806N

- c) Одеса (21.09.08): супутник – 46,22 мм; плювіограф-54,9 мм.  
k=0,549, облогові

Map, Accumulated of Multi-satellite precipitation estimate with gauge calibration - Final Run (recommended for general use) half-hourly 0.1 deg. [GPM GPM\_UK v06] mm over 2008-09-21 03:00Z - 2008-09-21 15:00:00Z, Region 28.8062E, 44.6704N, 32.1899E, 48.3838N

- d) Комісарівка (18.07.2008): супутник-2,57 мм; плювіограф-84,8 мм.

k= -0,001, зливові

Map, Accumulated of Multi-satellite precipitation estimate with gauge calibration - Final Run (recommended for general use) half-hourly 0.1 deg. [GPM GPM\_3IMERGHH v06] mm over 2008-07-18 03:30Z - 2008-07-18 07:30:00Z, Region 30.0146E, 46.8896N, 35.8594E, 49.834N

**Отримані результати та їх обговорення.** На відміну від наземних, супутникові дані характеризуються широкою територією охоплення, тривалим періодом спостережень, високою просторово-часовою роздільною здатністю. Однак, завдяки переліченим перевагам, супутникові дані скоріше є кращим інструментом великомасштабного моніторингу опадів, ніж окремих локальних процесів, як і буде доведено нижче.

В табл.1 представлено значення інтенсивності за супутником (дані IMERG) з 30-хв інтервалом, а також значення випадкової похибки; дані наведено в мм/год, мм/хв.

Таблиця 1. Дані інтенсивності опадів GPM IMERG + випадкові похибки

Час UTC	мм/год (мм/хв)	Random Error, мм/год (мм/хв)
Комісарівка (18.07.2008)		
03:30	0,73 (0,01)	4,40 (0,07)
04:00	0,75 (0,01)	4,50 (0,08)
04:30	0,55 (0,01)	3,60 (0,06)
05:00	0,38 (0,01)	2,81 (0,05)
05:30	0,19 (0,0)	1,78 (0,03)
06:00	0,15 (0,0)	1,52 (0,03)
06:30	0,0	0,24 (0,0)
Одеса (21.09.2008)		
03:00	0,21 (0,0)	6,58 (0,11)
03:30	0,16 (0,0)	7,88 (0,13)
04:00	0,17 (0,0)	8,01 (0,13)
04:30	1,40 (0,0)	22,96 (0,38)
05:00	2,52 (0,02)	23,60 (0,39)
05:30	4,31 (0,07)	22,95 (0,38)
06:00	3,67 (0,06)	24,14 (0,40)
06:30	4,80 (0,08)	24,90 (0,42)
07:00	2,70 (0,05)	24,94 (0,42)
07:30	1,21 (0,02)	25,00 (0,42)
08:00	5,43 (0,09)	27,07 (0,45)
08:30	5,15 (0,09)	26,54 (0,44)
09:00	3,85 (0,06)	23,66 (0,39)
09:30	4,76 (0,08)	26,21 (0,44)
10:00	4,43 (0,01)	25,99 (0,43)
10:30	4,96 (0,08)	28,39 (0,47)
11:00	5,09 (0,08)	28,89 (0,48)
11:30	5,63 (0,09)	29,93 (0,50)
12:00	4,47 (0,07)	21,54 (0,36)
12:30	5,05 (0,08)	16,51 (0,28)
13:00	5,23 (0,09)	26,20 (0,44)
13:30	4,38 (0,07)	25,93 (0,43)
14:00	3,55 (0,06)	18,56 (0,31)
Запоріжжя, АМСЦ (02.09.2009)		
00:30	0,02 (0,0)	0,50 (0,01)
01:00	0,64 (0,01)	4,02 (0,07)
01:30	0,28 (0,0)	2,29 (0,04)
02:00	0,0	0,24
02:30	0,0	0,24
03:00	0,0	0,24
03:30	0,03 (0,0)	0,62 (0,01)
04:00	0,06 (0,0)	0,85 (0,01)
04:30	2,45 (0,04)	10,53 (0,18)
05:00	3,28 (0,05)	13,05 (0,23)
05:30	3,16 (0,05)	12,77 (0,21)
06:00	1,61 (0,03)	7,78 (0,13)
06:30	3,07 (0,05)	12,42 (0,21)
07:00	2,79 (0,05)	11,60 (0,19)
07:30	2,68 (0,04)	11,27 (0,19)
08:00	1,85 (0,03)	8,58 (0,14)
08:30	2,03 (0,03)	9,19 (0,15)
09:00	3,13 (0,05)	12,60 (0,21)
09:30	4,35 (0,07)	16,06 (0,27)
10:00	7,32 (0,12)	23,58 (0,39)
10:30	7,24 (0,12)	23,39 (0,39)
11:00	10,08 (0,17)	29,89 (0,50)
11:30	8,99 (0,15)	27,45 (0,46)

Час UTC	мм/год (мм/хв)	Random Error, мм/год (мм/хв)
Чернігів (28.07.2010)		
05:30	0,31 (0,01)	2,40 (0,04)
06:00	28,24 (0,47)	64,27 (1,07)
06:30	27,81 (0,46)	63,55 (1,06)
07:00	30,13 (0,50)	67,45 (1,01)
07:30	1,70 (0,03)	8,08 (0,13)
08:00	0,0	0,24 (0,0)
08:30	0,87 (0,01)	4,98 (0,08)
09:00	1,49 (0,02)	7,36 (0,12)
09:30	2,43 (0,04)	10,49 (0,17)
10:00	7,53 (0,13)	24,07 (0,40)
10:30	2,63 (0,04)	11,10 (0,19)
11:00	2,21 (0,04)	9,79 (0,16)
11:30	0,27 (0,0)	2,23 (0,04)

Для оцінки точності продуктів GPM IMERG за допомогою статистичних параметрів проводилась їх верифікація відносно даних наземних спостережень. В роботі використовувались такі статистичні параметри та індекси: систематична похибка (bias), середня абсолютна помилка ( $\bar{e}$ ), середня квадратична похибка ( $\sigma$ ), коефіцієнт кореляції Пірсона ( $r$ ), фактор 2-х (FA2), фактор 5-ти (FA5), індекс узгодженості (Index of Agreement, IOA) (табл 3).

Для оцінки точності продуктів GPM IMERG за допомогою статистичних параметрів проводилась їх верифікація відносно даних наземних спостережень. В роботі використовувались такі статистичні параметри та індекси: систематична похибка (bias), середня абсолютна помилка ( $\bar{e}$ ), середня квадратична похибка ( $\sigma$ ), коефіцієнт кореляції Пірсона ( $r$ ), фактор 2-х (FA2), фактор 5-ти (FA5), індекс узгодженості (Index of Agreement, IOA) (табл 3).

Перелічені вище статистичні параметри розраховуються за допомогою формул (1) – (7):

$$\text{Систематична похибка (bias)} \quad bias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (U_{mi} - U_{oi}) \quad (1)$$

$$\text{Середня абсолютна помилка } (\bar{e}) \quad \bar{e} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |U_{mi} - U_{oi}| \quad (2)$$

$$\text{Середня квадратична похибка } (\sigma) \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (U_{mi} - U_{oi})^2} \quad (3)$$

$$\text{Коефіцієнт кореляції Пірсона } (r) \quad r = \frac{\sum_{i=1}^N (U_{mi} - \bar{U}_m)(U_{oi} - \bar{U}_o)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (U_{mi} - \bar{U}_m)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (U_{oi} - \bar{U}_o)^2}} \quad (4)$$



Фактор 2-х (FA2)

$$FA2 = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N a_i, \quad (5)$$

де  $a_i = 1$ , якщо  $\frac{1}{2} \leq \frac{U_{mi}}{U_{oi}} \leq 2$

або  $a_i = 0$ , якщо  $\frac{1}{2} > \frac{U_{mi}}{U_{oi}} > 2$

Фактор 5-ти (FA5)

$$FA5 = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N a_i, \quad (6)$$

де  $a_i = 1$ , якщо  $\frac{1}{5} \leq \frac{U_{mi}}{U_{oi}} \leq 5$

або  $a_i = 0$ , якщо  $\frac{1}{5} > \frac{U_{mi}}{U_{oi}} > 5$

Індекс узгодженості (Index of Agreement, IOA)

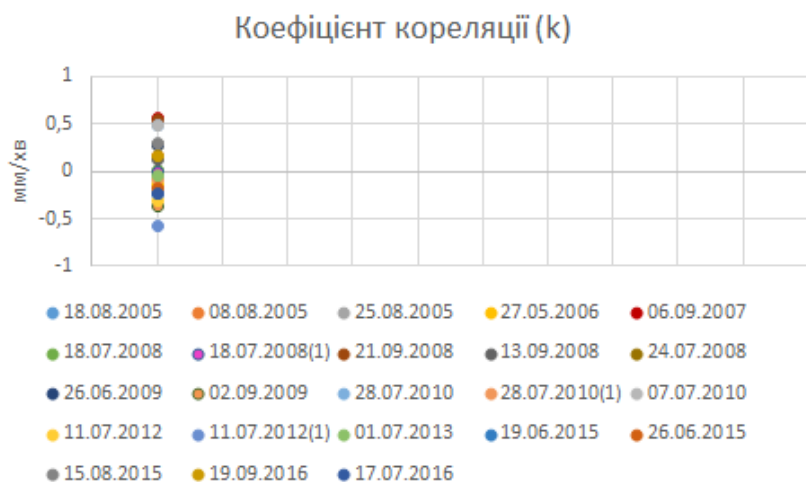
$$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (U_{mi} - U_{oi})^2}{\sum_{i=1}^N (|U_{mi} - \bar{U}_o| + |U_{oi} - \bar{U}_o|)^2} \quad (7)$$

де  $U_{mi}$ ,  $U_{oi}$  – змодельовані та фактичні швидкості вітру,  $\bar{U}_o$  – середня фактична швидкість,  $N$  – загальна кількість значень, що порівнюються між собою.

Базовою характеристикою, що дає початкове уявлення про характер систематичних відхилень розрахованих значень від вимірених є систематична похибка. Систематична похибка вказує на ступінь переоцінки або недооцінки даних наземних спостережень. Найменше систематичне зміщення з незначною похибкою у від'ємну сторону (приблизно -0,03) спостерігалось на станціях Чернівці (18.08.05), Одеса (21.09.08), Долина (24.07.08); найбільше систематичне відхилення у від'ємну сторону (приблизно -0,3,-0,4) спостерігалось на станціях Комісарівка (18.07.08), Ромни (18.07.08), Сміла (11.07.12). Певним недоліком оціночного параметру є те, що він показує лише загальне перевищення чи заниження фактичних значень, характер розкиду похибок залишається невідомим [2]. Найменші значення  $\bar{\epsilon}$  по модулю швидкості отримані на станціях Одеса (21.09.08), Долина (24.07.08), значення становили приблизно 0,04 - 0,06; найбільші значення (приблизно 0,4) спостерігались на станціях Комісарівка (18.07.08), Запоріжжя (26.06.15). Середня квадратична похибка найбільша на станціях Комісарівка (18.07.08), Сміла (11.07.12) та Запоріжжя (26.06.15), і становить приблизно 0,6; найменше значення на станції Одеса (21.09.08) – 0,06. Для того, щоб оцінити відсоток розрахованих значень, що потрапляють у задані межі використовують індекси FA2 і FA5. Найбільший відсоток потраплянь модулів швидкості за критеріями фактор 2-х та фактор 5-ти спостерігається на ст. Одеса (21.09.08) - 64 і 93% відповідно. Кореляції Пірсона та індекс узгодженості відображають статистичний зв'язок між рядами змодельованих та фактичних значень. Значення коефіцієнту кореляції коливається в широких межах в діапазоні приблизно від -0,5 до +0,5. Найбільші значення приблизно 0,5 спостерігались на станціях Світловодськ (06.09.07), Одеса (21.09.08), Чернігів (28.07.10) значення індексу IOA на цих станціях знаходиться у межах 0,6 і є найвищими; найменші значення коефіцієнту Кореляції становили приблизно -0,4-0,5 на станціях Лубни (11.07.12), Запоріжжя (02.09.09).

На основі проведеного аналізу відповідності супутникових даних та наземних вимірювань, можна зробити висновок, що кореляційний зв'язок інтенсивності при випаданні

зливових опадів слабкий, в багатьох випадках від'ємний. При облогових опадах та облогових зі зливовими включеннями зв'язок між рядами інтенсивності більш тісний, але величини коефіцієнту кореляції статистично незначимі.



*Рис.5.-Значення коефіцієнту кореляції, розраховані для окремих випадків опадів*

**Таблиця 2. Узгоджені дані інтенсивності (дані наземних спостережень та дані IMERG)**

Дані наземних спостережень		Дані IMERG		Дані наземних спостережень		Дані IMERG	
<b>Одеса (21.09.08)-облогові</b>				<b>Чернігів (28.07.2010)-зливові</b>			
180	0,003580787	0		360	0,146667	0	
190	0	0,03		370	0,297171	0,7	
200	0,00261995	0,025014552		380	0,427816	1,92	
210	0,002668736	0,026911112		390	0,393167	0,46	
220	0,011457614	0,028700741		400	0,559502	0,66	
230	0,015325833	0,030448444		410	0,566634	0,09	
240	0,002894057	0,01		420	0,671	0,598029955	
250	0,021732992	0,034668755		430	0,507494	0,526762772	
260	0,026735293	0,035971028		440	0,463944	0,455508568	
270	0,023407813	0,02		450	0,386	0,01	
280	0,032728817	0,041076324		460	0,324619	0,05	
290	0,037254725	0,03		470	0,267863	1,01	
300	0,041980385	0,05		480	0,181833	0,46	
310	0,043508346	0,12		490	0,132051	0,214002212	
320	0,046370928	0,07		500	0,08101	0,202738589	
330	0,0718888	0,055734709		510	0,02733	0,20080713	
340	0,050728542	0,059316218		520	0,011456	0,207945436	
350	0,053836465	0,063099479		530	0	0,218504251	
360	0,061187303	0,067069818		540	0,0315	0,230555326	
370	0,057252909	0,05		550	0,002422	0	
380	0,059623696	0,059623696		560	0,024	0,47	
390	0,080012155	0,061200959		570	0,025	0,17	
400	0,062161669	0,062615885		580	0,099895	0	
410	0,063878811	0,06		590	0,14843	0,228892629	
420	0,045059553	0,093594915		600	0,033333	0,200753841	
430	0,06567772	0,098208995		610	0,251612	0,11	
440	0,066875863	0,02		620	0,298085	0,42	
450	0,020173277	0,05		630	0,6935	0,07	
460	0,068348766	0,16		640	0,355537	0,051326308	
470	0,068970798	0,24		650	0,354433	0,04	
480	0,090481838	0,03		660	0,0665	0,019011182	

Дані наземних спостережень		Дані IMERG	Дані наземних спостережень		Дані IMERG
<b>Одеса (21.09.08)-облогові</b>			<b>Чернігів (28.07.2010)-зливові</b>		
490	0,070059674	0,15	670	0,257295	0
500	0,070555494	0,127746526	680	0,145081	0
510	0,085766292	0,23	690	0,042167	0
520	0,071518854	0,134275378	360	0,146667	0
530	0,072011789	0,09	370	0,297171	0,7
540	0,064219788	0,139496276	380	0,427816	1,92
550	0,073075915	0,14	390	0,393167	0,46
560	0,073665516	0,143668269	400	0,559502	0,66
570	0,079293333	0,09	410	0,566634	0,09
580	0,074993816	0,2	420	0,671	0,598029955
590	0,075740534	0,14564601	430	0,507494	0,526762772
600	0,07379845	0,145415963	440	0,463944	0,455508568
610	0,077402897	0,1	450	0,386	0,01
620	0,078312764	0,24	460	0,324619	0,05
630	0,08259705	0,12	470	0,267863	1,01
640	0,080254914	0,140093443	480	0,181833	0,46
650	0,081264219	0,17	490	0,132051	0,214002212
660	0,084799633	0,1	500	0,08101	0,202738589
670	0,083277074	0,06	510	0,02733	0,20080713
680	0,084237039	0,03	520	0,011456	0,207945436
690	0,093886607	0,27	530	0	0,218504251
700	0,085926062	0,12126659	540	0,0315	0,230555326
710	0,086587523	0,11739694	550	0,002422	0
720	0,07449731	0,07	560	0,024	0,47
730	0,08734208	0,05	570	0,025	0,17
740	0,087340163	0,11	580	0,099895	0
750	0,0841436	0,14	590	0,14843	0,228892629
760	0,086302875	0,18	600	0,033333	0,200753841
770	0,085141672	0,1	610	0,251612	0,11
780	0,087217808	0,094572986	620	0,298085	0,42
790	0,081177778	0,093025299	630	0,6935	0,07
800	0,078215027	0,092865374	640	0,355537	0,051326308
810	0,073032372	0,094021902	650	0,354433	0,04
820	0,069881728	0,01	660	0,0665	0,019011182
830	0,064313491	0,08	670	0,257295	0
840	0,059112378	0,26	680	0,145081	0
			690	0,042167	0

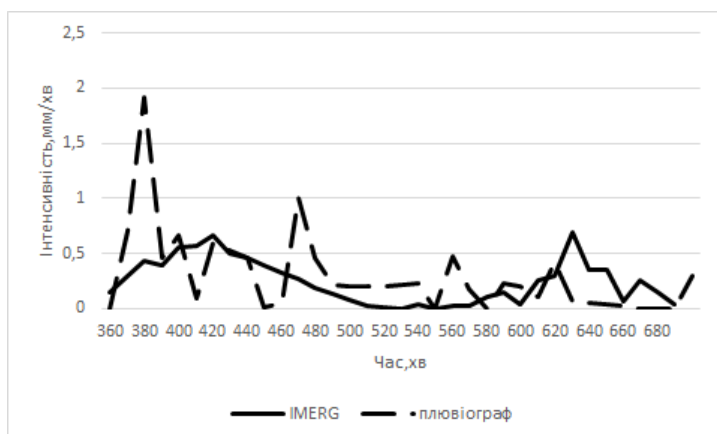


Рис. 6. Розподіл значень інтенсивності опадів, виміряних супутником, пльовіографом в межах окремого процесу ст. Чернігів 28.07.2010

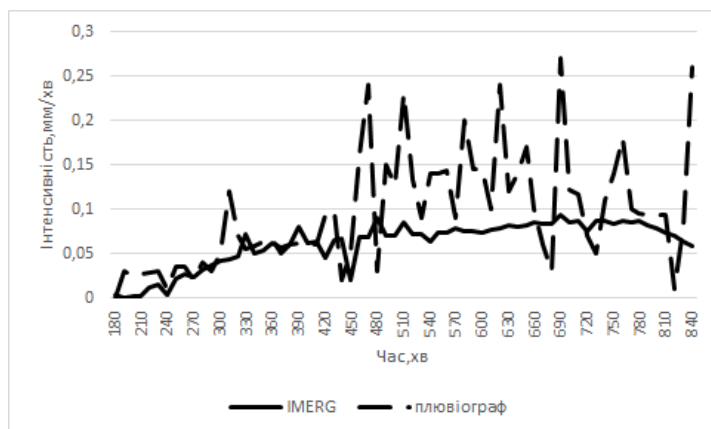


Рис. 7. Розподіл значень інтенсивності опадів, виміряних супутником, плевюіографом в межах окремого процесу ст. Одеса 21.09.2008

Для кожного конкретного процесу проводилось порівняння значень інтенсивності виміряних за допомогою плевюіографа та супутника. На рисунку 6 представлено розподіл інтенсивності в межах процесу, що спостерігався на ст. Чернігів (зливові опади). Видно, що розподіл супутникових даних згладжений у порівнянні з розподілом плевюіографа, хоча загальна тенденція зберігається. Максимальні значення інтенсивності, що спостерігались 28.07.10 за плевюіографом становили 0,7-1,92 мм/хв (перша хвиля підсилення), 1,01-0,46 мм/ хв (друга хвиля підсилення). Супутник цих коливань практично не відображає, максимальні значення інтенсивності за супутником 0,47-0,50 мм/хв спостерігались на початку процесу, можна відмітити також незначне підсилення інтенсивності (0,1 мм/хв) наприкінці (620-660 хв). На рисунку 7 (ст. Одеса) – облогові опади, видно, що піки або екстремальні значення інтенсивності знову ж таки згладжені, але відповідність прослідковується краще (особливо в першій частині процесу), ніж у випадку зливових опадів. Максимальні значення інтенсивності за плевюіографом становили 0,24-0,27 мм/год. (прослідковувались в другій половині процесу 450-840 хв). Інтенсивності за супутником змінювались в межах 0,01-0,09.

Таблиця 3. Статистичні параметри, розраховані для окремих випадків дуже сильних опадів (дані IMERG -дані наземних спостережень)

Станція	Дата	k	bias	$\bar{e}$	$\Sigma$	FA2	FA5	IOA
Чернівці	18.08.05	0,203	-0,029	0,099	0,141	48,276	84,483	0,354
Яготин	08.08.05	0,155	-0,229	0,230	0,261	-	-	0,387
Світловодськ	25.08.05	-0,228	-0,092	0,152	0,225	26,829	63,415	0,315
Одеса	27.05.06	-0,147	-0,145	0,178	0,341	16,216	43,243	0,329
Світловодськ	06.09.07	0,560	-0,052	0,081	0,123	41,176	78,431	0,496
Ромни	18.07.08	0,013	-0,329	0,335	0,430	1,923	23,077	0,443
Комісарівка	18.07.08	-0,001	-0,423	0,424	0,613	-	-	0,460
Одеса	21.09.08	0,549	-0,033	0,044	0,063	64,179	92,537	0,576
Вилкове	13.09.08	0,135	-0,101	0,126	0,182	23,077	46,154	0,448
Долина	24.07.08	0,283	-0,035	0,061	0,122	61,017	81,356	0,351
Лубни	26.06.09	0,263	-0,153	0,216	0,370	26,923	65,385	0,423
Запоріжжя	02.09.09	-0,373	-0,075	0,113	0,158	23,881	49,254	0,282
Чернігів	28.07.10	0,482	-0,120	0,211	0,344	29,730	51,351	0,596
Гадяч	28.07.10	-0,076	-0,111	0,204	0,311	27,273	69,697	0,319
Золочів	07.07.10	0,480	-0,291	0,297	0,479	-	15,789	0,447
Сміла	11.07.12	-0,312	-0,330	0,332	0,613	6,667	46,667	0,373
Лубни	11.07.12	-0,579	-0,209	0,254	0,433	12	24	0,402
Запоріжжя	01.07.13	-0,049	-0,240	0,282	0,539	32	48	0,353
Золочів	19.06.15	-0,234	-0,203	0,267	0,362	8	16	0,419
Запоріжжя	26.06.15	-0,182	-0,339	0,406	0,618	18,75	43,75	0,401
Комісарівка	15.08.15	0,291	-0,207	0,242	0,577	16	32	0,269
Вилкове	19.09.16	0,166	-0,080	0,104	0,143	27,273	40	0,377
Долина	17.07.16	-0,242	-0,145	0,206	0,297	20	45,714	0,344

Також було проведено верифікацію сум опадів за добу, виміряних супутником та плівіографами (табл. 4). Суми опадів, виміряні супутником як правило в 3-4 рази менші за наземні.

**Таблиця 4. Статистичні параметри, розраховані для добових сум опадів (дані IMERG - дані наземних спостережень)**

k	bias	e	$\sigma$	FA2	FA5	IOA
0,058	-30,295	32,210	39,504	52,127	81,914	0,319

Результати було отримано також незадовільні. Коефіцієнт кореляції незначний, і дорівнює 0,058; систематичне відхилення дорівнює -30,295; середня абсолютна помилка 32,210; середня квадратична похибка 39,504; фактор 2-х та фактор 5-ти 52,127 та 81,914 відповідно, значення індексу узгодженості 0,319.

**Висновки.** Зроблено спробу оцінити можливість використання даних IMERG для визначення інтенсивності окремих подій дуже сильних опадів над рівнинною територією України. Для оцінки продукту IMERG було використано 7 статистичних індексів. Порівняння проводились з даними 17 наземних метеорологічних станцій. Дослідження показали, що в цілому, супутниковий та наземний ряди даних демонструють низький ступінь узгодженості.

Використання продуктів GPM IMERG для оцінки окремих випадків дуже сильних, а особливо зливових опадів є недоцільним. В 48% випадків коефіцієнти кореляції-від'ємні, найменше значення коефіцієнту кореляції дорівнює -0,579 (ст. Лубни 11.07.12); в 39 % випадків значення коефіцієнту кореляції припадає на інтервал від 0 до 0,5; коефіцієнт кореляції більше 0,5 лише в 2 випадках: Світловодськ (06.09.07): k= 0,560; Одеса (21.09.08): k= 0,549.

Як вже зазначалось в ряді робіт [3-5], найкраще продукти IMERG підходять для оцінки опадів незначної інтенсивності та при оцінці рядів даних більших часових масштабів.

В той час як суми опадів помірної та значної інтенсивності в більшості випадків у супутникових спостереженнях недооцінюються.

На результати дослідження могло вплинути використання обмеженої кількості станцій з наявними плівіографами.

#### Список літератури

1. Е.В.Волкова Определение сумм осадков по данным радиометров SEVIRI/ Meteosat-9,10 и AVHRR/NOAA для Европейской территории России / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса / т.11, №4, С.163-177.
2. Ошурок Д.О. Вітроенергетичні ресурси України в сучасних кліматичних умовах: дис. к.г.н.: 17.05.2021/ Дмитро Олександрович Ошурок. К., 2021.203 с.
3. Morsy M., Scholten T., Michaelides S., Borg E., Sherief Y., Dietrich P. Comparative Analysis of TMPA and IMERG Precipitation Datasets in the Arid Environment of El-Qaa Plain Sinai. *Remote Sensing*. 2021, № 13(4), S. 2072-4292.
4. Liu J., Du J. Evaluating extreme precipitation estimations based on the GPM IMERG products over the Yangtze River Basin, China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2020, № 11(1), S. 601-618.
5. M.S. Nashwan, S. Shahid, X. Wang Assessment of Satellite-Based Precipitation Measurement Products over the Hot Desert Climate of Egypt. *Remote Sensing*.2019, № 11(5), S. 2072-4292.
6. W. A. Yuda, R. Prasetya, Abd. R. As-syakur, T. Osawa, M. Nagai An assessment of IMERG rainfall products over Bali at multiple time scale. *E3S Web of Conferences*.2020,№ 153, S.1-12.
7. S. O, U. Foelsche, G. Kirchengast, J. Fuchsberger, J. Tan, and W. A. Petersen Evaluation of GPM IMERG Early, Late, and Final rainfall estimates using WegenerNet gauge data in southeastern Austria. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2017, № 21, S. 6559–6572.
8. W. Sun, Y. Sun, X. Li, T. Wang, Y. Wang, Q. Qiu, Zh. Deng Evaluation and Correction of GPM IMERG Precipitation Products over the Capital Circle in Northeast China at Multiple Spatiotemporal Scales. *Advances in Meteorology*. 2018. № 1, S.1-14.
9. M. Maranan, A. H. Fink, P. Knippertz A process-Based Validation of GPM IMERG and Its Sources Using a Mesoscale Rain Gauge Network in the West African Forest Zone. *Journal of Hydrometeorologie*. 2020. №21, S.729-749.

10. Sh. Ning, J. Wang, J. Jin, H. Ishidaira Assessment of the Latest GPM-Era High-Resolution Satellite Precipitation Products by Comparison with Observation Gauge Data over the Chinese Mainland. *Water*. 2016, 8(11), S. 2073-4441.
11. M. T. Mahmoud, S. A. Mohammed, M. A. Hamouda, M. M. Mohamed Impact of Topography and Rainfall Intensity on the Accuracy of IMERG Precipitation Estimates in an Arid Region. *Remote Sens*. 2021, 13(1), S. 2072-4292.
12. F. Tian, Sh. Hou, L. Yang, H. Hu How Does the Evaluation of the GPM IMERG Rainfall Product Depend on Gauge Density and Rainfall Intensity? *Journal of Hydrometeorology*. 2018. №. 19 (2), S.339-349.

### References

1. E.V.Volkova Opredelenie summ osadkov po dannym radiometrov SEVIRI/ Meteosat-9,10 i AVHRR/NOAA dlya Evropeyskoy territorii Rossii [Determination of precipitation amounts according to the data of SEVIRI / Meteosat-9,10 and AVHRR / NOAA radiometers for the European territory of Russia] / *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa / t.11, #4, S.163-177.*
2. Oshurok D.O. Vitroenergetichni resursi Ukraïni v suchasni klimatichni umovah [Wind energy resources of Ukraine in modern climatic conditions]: dis. k.g.n. : 17.05.2021/ Dmitro Oleksandrovich Oshurok. K., 2021.203 s.
3. Morsy M., Scholten T., Michaelides S., Borg E., Sherief Y., Dietrich P. Comparative Analysis of TMPA and IMERG Precipitation Datasets in the Arid Environment of El-Qaa Plain Sinai. *Remote Sensing*. 2021, № 13(4), S. 2072-4292.
4. Liu J., Du J. Evaluating extreme precipitation estimations based on the GPM IMERG products over the Yangtze River Basin, China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2020, № 11(1), S. 601-618.
5. M.S. Nashwan, S. Shahid, X. Wang Assessment of Satellite-Based Precipitation Measurement Products over the Hot Desert Climate of Egypt. *Remote Sensing*.2019, № 11(5), S. 2072-4292.
6. W. A.Yuda, R. Prasetia, Abd. R. As-syakur, T. Osawa, M. Nagai An assessment of IMERG rainfall products over Bali at multiple time scale. *E3S Web of Conferences*.2020,№ 153, S.1-12.
7. S. O, U. Foelsche, G. Kirchengast, J. Fuchsberger, J. Tan, and W. A. Petersen Evaluation of GPM IMERG Early, Late, and Final rainfall estimates using WegenerNet gauge data in southeastern Austria. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2017, № 21, S. 6559–6572.
8. W. Sun, Y. Sun, X. Li, T. Wang, Y. Wang, Q. Qiu, Zh. Deng Evaluation and Correction of GPM IMERG Precipitation Products over the Capital Circle in Northeast China at Multiple Spatiotemporal Scales. *Advances in Meteorology*. 2018. № 1, S.1-14.
9. M. Maranan, A. H. Fink, P. Knippertz A process-Based Validation of GPM IMERG and Its Sources Using a Mesoscale Rain Gauge Network in the West African Forest Zone. *Journal of Hydrometeorologie*. 2020. №21, S.729-749.
10. Sh. Ning, J. Wang, J. Jin, H. Ishidaira Assessment of the Latest GPM-Era High-Resolution Satellite Precipitation Products by Comparison with Observation Gauge Data over the Chinese Mainland. *Water*. 2016, 8(11), S. 2073-4441.
11. M. T. Mahmoud, S. A. Mohammed, M. A. Hamouda, M. M. Mohamed Impact of Topography and Rainfall Intensity on the Accuracy of IMERG Precipitation Estimates in an Arid Region. *Remote Sens*. 2021, 13(1), S. 2072-4292.
12. F. Tian, Sh. Hou, L. Yang, H. Hu How Does the Evaluation of the GPM IMERG Rainfall Product Depend on Gauge Density and Rainfall Intensity? *Journal of Hydrometeorology*

### Спутниковые измерения интенсивности осадков и их верификация

**Сокур К. С., Паламарчук Л.В.**

Главным заданием этого исследования было установление целесообразности работы с данными дистанционного зондирования атмосферы, а именно оценки установленной дистанционно интенсивности отдельных событий очень сильных осадков (50 мм и более за 12 часов и меньше), наблюдаемых над территорией Украины. Используя данные дистанционного зондирования атмосферы (спутниковые данные GPM IMERG), а также проведения верификации спутниковых данных с данными наземных станций (данные пьювиографа). Исследование заключалось в обработке данных и карт – продуктов IMERG, построении на их основе таблиц и графиков, расчета статистических индексов и их оценке. Всего было задействовано 7 статистических параметров, а именно систематическая погрешность (bias), средняя абсолютная погрешность ( $e$ ), средняя квадратическая погрешность ( $\sigma$ ), коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ), фактор 2-х (FA2), фактор 5-ти (FA5), индекс согласованности (Index of Agreement, IOA).

Расчет статистических параметров проводился как для отдельных случаев очень сильных осадков, так и для суточных сумм осадков. В обоих случаях получено неудовлетворительные результаты, статистические связи спутникового и наземного рядов данных незначительные, данные IMERG при оценке отдельных событий очень сильных осадков над равнинной Украины демонстрируют существенные погрешности, что может быть вызвано как несоответствием данных самих по себе для такого рода использования, так и смещением в плане координат, и времени сбора данных. Поэтому необходимы

дополнительные исследования, поиск новых и усовершенствование предложенных методических подходов к анализу спутниковой информации.

**Ключевые слова:** дистанционные методы измерения осадков, очень сильные осадки, GPM IMERG, верификация, статистические параметры и индексы.

#### **Satellite measurements of precipitation intensity and their verification**

**Sokur K., Palamarchuk L.**

The main focus of this study was to establish the feasibility of working with the intensity data of individual events of very heavy precipitation (50 mm or more in 12 hours or less) observed over the territory of Ukraine using remote sensing data (satellite data GPM IMERG), as well as verification of satellite data with ground station data (self-recording rain gauge data). The study consisted of processing data and maps - IMERG products, building tables and graphs based on them, calculating statistical indices and evaluating them. A total of 7 statistical parameters were involved, namely systematic error (bias), mean absolute error ( $e$ ), mean quadratic error (sound), Pearson correlation coefficient ( $r$ ), factor 2 (FA2), factor 5 (FA5), Index of Agreement (IOA).

The calculation of statistical parameters was carried out both for individual cases of very heavy precipitation and for daily precipitation totals. In both cases, unsatisfactory results were obtained. Statistical links between satellite and ground data series are insignificant, IMERG data, when assessing individual events of very heavy precipitation over the flat territories of Ukraine, demonstrate significant errors, which can be caused both by a discrepancy between the data itself for this kind of use, and by a shift in terms of coordinates, as well as time of data collection. Therefore, additional research is needed, the search for new and improvement of the proposed methodological approaches to the analysis of satellite information.

**Keywords:** heavy precipitation, GPM IMERG, verification, statistical parameters and indices.

**Надійшла до редколегії 07.07.2021**

**DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.6>**

**УДК 551.574.42**

**Пясецька С.І.**

*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ*

### **ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВІДКЛАДЕНЬ ПАМОРОЗІ КАТЕГОРІЇ НЯ (небезпечна) НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПРОТЯГОМ ОСТАНЬОГО ТРИДЦЯТИРІЧЧЯ 1991-2020 рр.**

Стаття присвячена дослідженню просторово-часового розповсюдження відкладень паморозі категорії НЯ (небезпечна) по території України у продовж останніх 30-и років, які характеризують сучасний стан та динаміку кліматичної системи в Україні та її окремих елементів. Метою дослідження було встановити особливості просторово-часового розповсюдження таких відкладень по областям України по окремим десятиріччям досліджуваного періоду та окреслити тенденцію у їх розповсюдженні. Доведено переважання випадків таких відкладень у січні та грудні протягом 1991-2000 рр. Проте помічено певна тенденція у наступному десятиріччі до деякого збільшення випадків таких відкладень у окремих місяцях перехідних сезонів року. Для останнього десятиріччя помічено зростання таких випадків у січні та грудні порівняно із попередніми десятиріччями. Проте протягом останніх 2-х років кількість випадків відкладень паморозі категорії НЯ децю зменшилась. Доведено, що переважна більшість таких випадків спостерігалась на Закарпатті на метеорологічній станції Плай, що пов'язане із більшою частотою появи сприятливих умов для її утворення.

**Ключові слова:** відкладення паморозі категорії НЯ (небезпечна), стандартний ожеледний станок, розповсюдження відкладень паморозі категорії НЯ по території України, сучасні зміни клімату.

**Вступ.** Розповсюдження відкладень паморозі, як зернистої так і кристалічної на території України протягом зимового періоду та у перехідні сезони року є поширеним явищем. Такі відкладення спостерігаються практично на усіх метеорологічних станціях країни причому найбільш часто в регіонах зі складною ландшафтною структурою. Серед таких відкладень трапляються випадки відкладень паморозі категорії НЯ (небезпечна).

Під випадками відкладення паморозі категорії НЯ (небезпечна) розуміється відкладення паморозі (кристалічної та/або зернистої) на дратах стандартного ожеледного станка, який встановлений на кожній із метеорологічних станцій (МС) України, діаметром 50 та більше мм, причому із виміряного діаметру відкладення вилучається діаметр дроту у 5 мм, яким оснащено стандартний ожеледний станок. Зазвичай такі відкладення здебільшого

спостерігаються у зимові місяці – січень, лютий, грудень. Проте, вони можуть виникати за певних сприятливих умов наприкінці весни та у передзимовий період. Найбільш сприятливими умовами для виникнення паморозі є - для зернистої слабкі переохолоджені опади (мряка), або досить сильний туман при малих швидкостях вітру та температури близької до  $0^{\circ}\text{C}$ , а для кристалічної необхідна значна вологість повітря для сублімації водяної пари при значно нижчій його температурі ближче до  $-10^{\circ}\text{C}$  та при штилі. Істотно впливає на розмір відкладення час його наростання. Для зернистої паморозі суттєве значення має розмір часток вологи, найсприятливішими для її виникнення є більш мілкодисперсні частки вологи, а при їх збільшенні їх розміру при тих самих температурних умовах частіше виникає ожеледь (непрозора, або прозора). Непрозора ожеледь та зерниста паморозь один від одного відрізняються тим, що при надламі у відкладенні паморозі помітні мілкі кристалики льоду, яких немає у відкладенні ожеледі.

Вважається, що такі відкладення можуть перешкоджати безперебійній роботі ряду галузей економіки у першу чергу такі як енергетика, дротовий зв'язок, транспорт, що використовує енергію яка передається за допомогою дротів (електропоїзди залізниці приміського сполучення та міській комунальний транспорт). В окремих випадках при значному навантаженні таких відкладень та поєднанні їх дії з вітровим напором можуть бути пошкоджені окремі види обладнання, які чуттєві до такого впливу, що спричинить від'єднання споживачів від ресурсу. Дослідження проведено для двох десятиріч - кінця ХХ сторіччя 1991-2000 рр., початку ХХІ сторіччя та 2001-2010 рр., а також протягом сучасного періоду з 2011 по 2020 рр.

**Огляд стану дослідження проблеми.** Перші етапи досліджень умов виникнення ожеледо-паморозевих та фізики цього процесу було проведено у середині 30-х років та у післявоєнні 40-і роки минулого сторіччя. Дослідження фізичних умов ожеледо-паморозевих відкладень на більш-менш системній основі із залученням спостережень на окремих метеорологічних станціях та у лабораторних умовах на теренах європейської частини колишнього СРСР розпочалось у середині 30-х років ХХ сторіччя. Результати таких досліджень було викладено у книзі Б.П. Вайнберга «Снег, иней, град, лед и ледники»(1936) [1], де подано фізичні основи утворення ряду ожеледо-паморозевих відкладень. Подальші дослідження з цього приводу та визначення характеристик фізичного стану ожеледо-паморозевих відкладень було продовжено Н. С. Муретовим (1945), В.В. Бургсдорфом та О.Г. Балабуєвим у 1947.р. На той час було вже було окреслено новий напрямок досліджень з цього напрямку – визначення територіально-часової організації розповсюдження окремих видів таких відкладень. Спираючись на вже отримані та систематизовані результати у 50-х роках минулого сторіччя А.Д. Заморським [4], було узагальнено та описано умови виникнення таких відкладень із наведенням конкретних прикладів їх фізико-географічного розповсюдження по території європейської частини колишнього СРСР. З накопиченням результатів спостережень на мережі метеостанцій (розширення мережі та оснащення ожеледними станками) за такими відкладеннями розпочався наступний етап дослідження, а саме визначення просторово-часового розповсюдження таких відкладень з урахуванням типу ландшафтів. Такі дослідження було проведено під керівництвом О.М. Раєвського (1953, 1961, 1963) [6-9], який виділив окремі типи рельєфу (7), що зумовили особливості просторово-часового розповсюдження окремих видів наземного зледеніння принаймні на території України. Розробки О.М. Раєвського неодноразово було використано у роботах В.Е. Бучинського (1966) [2] та А.В. Рудневою (1961) [10] здебільшого для території європейської частини Росії. Особлива увага при цьому приділялась не тільки самим ожеледо-паморозевим відкладенням, зокрема і паморозі, а й їх територіальному розподілу, частоті повторюваності на окремих територіях. Було встановлено, що найбільш часто паморозь спостерігається на навітрених схилах височин Середнє-Руської, та Приволжської, височинах Прибалтики, а також на Донецькому та Тиманському кряжах та підвищених вододілах річок. Було встановлено значну мінливість таких відкладень по території навіть відносно однорідної за своїм складом. У 1971 р. накопичені матеріали та результати попередніх досліджень були викладені у монографії Е.П. Драневич [3]. У цій роботі було на ряду із визначеннями видів відкладень льоду, аналізом видів наземного зледеніння та матеріалами з районування північного заходу Європейської частини території СРСР(територія Кольського півострова, Ленінградська область, центральна частина Росії)

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 3 (61)**



Відносно окремих видів ожеледо-паморозевих відкладень подано основи прогнозу відкладень ожеледі та паморозі в залежності від стану атмосфери та синоптичних умов, що складаються. Згідно до [3, 11, 12] для синоптичних передумов утворення зернистої паморозі необхідний осередок або гребінь тепла та вологи, а також передня межа фронтальної зони, яка спостерігається на карті АТ-850 Гпа (тилова частина улоговини холоду), де спостерігається підвищення температури повітря, що пов'язане з наближенням теплого фронту (наявність радіаційного охолодження у поверхні землі, інверсія або ізотермія, швидкість вітру у приземному шарі повітря 2-9 м/с, переважаюче баричне поле – гребені та улоговини, що переміщуються, теплі сектори циклонів). Для утворення кристалічної паморозі синоптичні передумови відрізняються від зернистої. Тут необхідні осередки та улоговини холоду на карті АТ-850 Гпа (радіаційне охолодження повітря або адвекція холоду при швидкостях вітру у землі 0-7 м/с). Крім того кристалічна паморозь може виникнути у малорухомих циклонічних областях, що заповнюються. При цьому найбільш сприятливими є низини та територія поблизу водойм. Крім того досить часто умови виникнення зернистої паморозі можуть чергуватись з умовами виникнення кристалічної, особливо при швидких змінах синоптичної ситуації. Це чергування найбільш часто трапляється – відкладення зернистої паморозі чергуються із відкладеннями кристалічної.

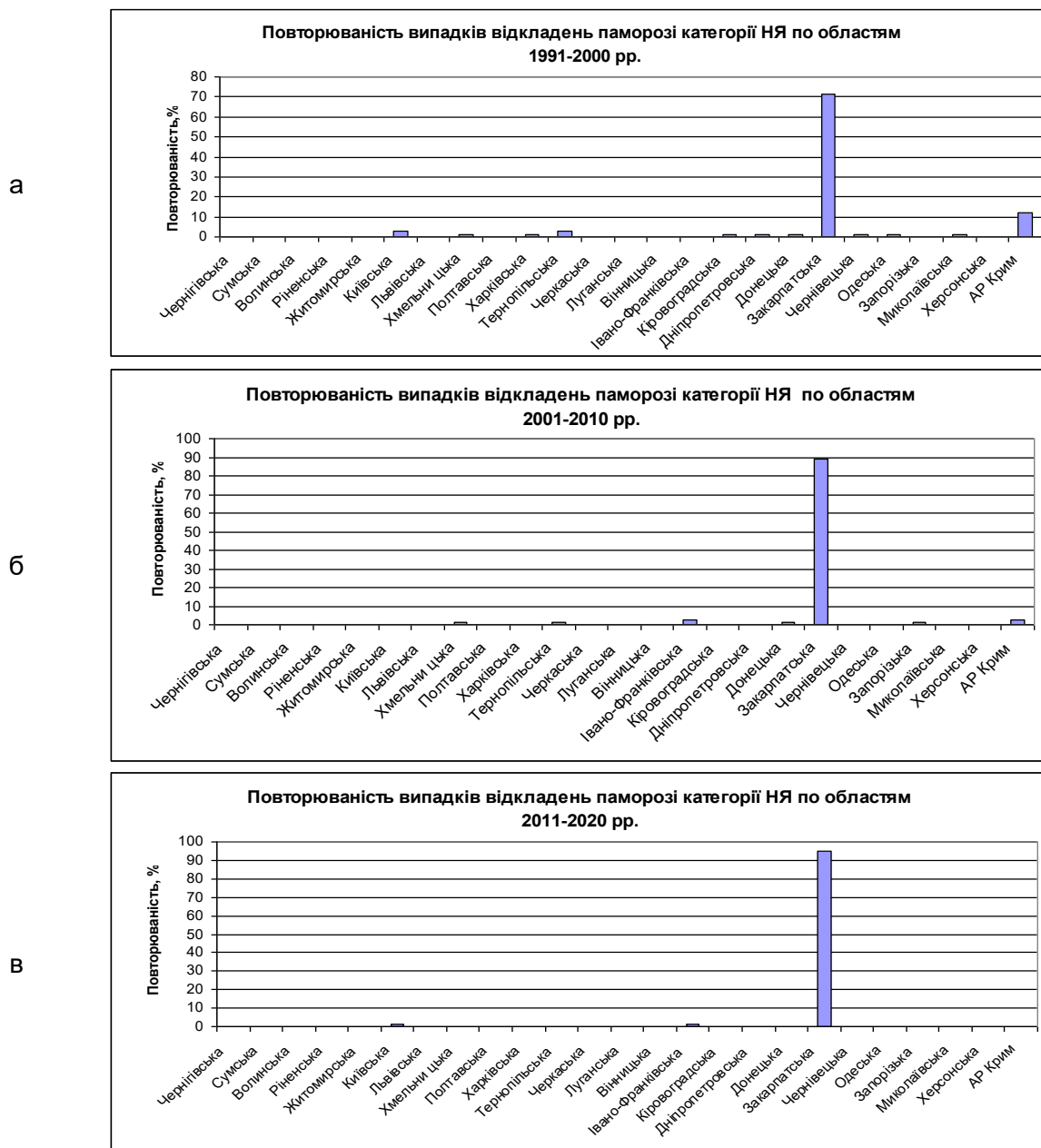
На тепер для проведення стандартних спостережень на метеорологічних станціях, для узагальнення результатів спостережень, а також прогнозування окремих видів наземного зледеніння використовують ряд нормативних документів, а саме – оновлену редакцію «Настанови...» [14], щодо регламенту проведення спостережень на мережі станцій і постів, а для створення баз даних та опрацювання матеріалів спостережень за ожеледо-паморозевими відкладеннями, які проводяться на Державній мережі гідрометеорологічних спостережень використовують матеріали [13, 15, 16]. У цих «Настановах...» та «Роз'ясненнях...» подано критерії визначення стану небезпеки ряду метеорологічних явищ, зокрема і ожеледо-паморозевих. Так, згідно до них, до небезпечних явищ (НЯ) відносять відкладення паморозі, які становили на дротах стандартного ожеледного станка 50 та більше міліметрів, причому з діаметра відкладення вилучено діаметр дроту (на стандартному ожеледному станку діаметр дроту становить 5 мм, за відсутності такого дроту в окремих випадках допускається діаметр 4 або 6 мм про що повідомляється у матеріалах спостережень). Згідно до нових Керівних документів [15, 16] які нещодавно було прийнято в оперативну практику (2018, 2019 рр.) у зв'язку зі змінами та імплементації нових положень у оперативній роботі, такі відкладення паморозі відносять до МЯ I (до метеорологічних явищ I-III рівнів небезпеки відносять явища погоди, які по досягненню визначених критеріїв можуть становити загрозу для життя та здоров'я людини та впливати на функціонування господарського комплексу країни). Натепер для оформлення попереджень та оперативних інформацій щодо виникнення небезпечних та стихійних явищ погоди на території України у мережі гідрометеорологічних організацій та служб ДСНС використовують кольорове позначення загрози. Так, для відкладення паморозі категорії НЯ (НМЯ I) використовують жовтий колір, куди віднесено вищезгадані відкладення паморозі. Крім того для наукових досліджень можна також використовувати матеріали викладені у інструкції [5] для організації роботи відділень залізниці у зимовий період та перешкоджання виникненню аварійних ситуацій.

**Мета, об'єкт та предмет дослідження.** Зважаючи на істотні зміни, які останнім часом відбуваються у світовій кліматичній системі та зокрема на території України, а також їх прискорення у часі та набуття ними певних загроз для суспільства, актуальним є всебічне дослідження природних погодних явищ, які можуть представляти небезпеку для господарської діяльності, зокрема протягом холодного періоду року (ожеледо-паморозеві явища). Тому, *метою* даного дослідження є вивчення розподілу відкладень паморозі категорії НЯ на території України протягом останніх 30 років, які охоплюють сучасний стан кліматичної системи в країні, а останні 10 з них відображають поточні тенденції у змінах клімату зважаючи на постійний ріст глобальної температури повітря. *Об'єктом* дослідження стали випадки відкладень паморозі категорії НЯ протягом окремих десятиріч 1991-2000, 2001-2010 та 2011-2020 рр. *Предметом* - їх просторово-часове розповсюдження на території України протягом місяців та років цього 30-и річчя.

**Характеристика використаного матеріалу. Методи дослідження.** Для дослідження було використано матеріали спостережень за ожеледо-паморозевими явищами на стандартному ожеледному станку на усіх метеорологічних станціях (МС) України протягом 7 місяців – січня, лютого, березня, квітня, жовтня, листопада та грудня протягом 1961-1990 рр. Ці матеріали розміщені у відповідних таблицях Метеорологічних щомісячників (Вип. 10 (Україна), Ч.ІІ ), які знаходяться у Державному галузевому архіві (ГДА) Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (ЦГО) у м. Києві, яка підпорядковується ДСНС України. Використовувались методи математичної статистики для визначення повторюваності випадків відкладень паморозі категорії НЯ по території України із подальшою візуалізацією у вигляді таблиць та графіків.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Виклад основного матеріалу здійснювався поетапно у 3-х розділах по кожному десятирічному періоду окремо та ілюструвався відповідними таблицями та рисунками.

**1. Період 1991-2000 рр.** Протягом цього десятиріччя такі відкладення неодноразово спостерігались на території України, що загалом становило 70 випадків (рис. 1а).



**Рис.1.** Повторюваність кількості відкладень паморозі категорії НЯ по окремих областях України протягом десятиріч: а) 1991-2000; б) 2001-2010; в) 2011-2020 рр.

Вони спостерігались майже на половині областей України на території 12 областей на 14 станціях. А саме – Закарпатської (Плай), Хмельницької (Ямпіль), Тернопільська (Тернопіль, Чортків), Чернівецької (Новодністровськ), Київської (Біла Церква, Чорнобиль), Харківської (Великий Бурлук), Донецької (Дебальцеве), Кіровоградської (Долинська), Дніпропетровської (Синельнікове), Одеської (Любашівка), Миколаївської (Баштанка), АР Крим (Ай-Петрі). Не спостерігались вони у 13 областях - Чернігівській, Сумській, Волинській, Івано-Франківській, Львівській, Рівненській, Житомирській, Полтавській, Черкаській, Луганській, Вінницькій, Запорізькій та Херсонській областях, що ілюструє (рис. 1а). Найбільш часто такі відкладення спостерігались у січні – 24 випадки (34,3 %), лютому – 14 випадків (20,0 %) та у грудні – 16 випадків (22,9 %). Внесок інших місяців у загальну кількість таких випадків протягом 1991-2000 рр. був незначний – у березні 7,1 %, квітні 1,4 %, жовтні 2,9 %, листопаді 11,4 %. Такий просторово-часовий розподіл відкладень паморозі категорії НЯ відображено у таблиці 1.

**Таблиця 1. Повторюваність (%) випадків відкладень паморозі категорії НЯ (небезпечна) на території України по окремих областях протягом 1991-2000 рр.**

Області	Місяці							Усього	Повторюваність, %
	I	II	III	IV	X	XI	XII		
Чернігівська									
Сумська									
Волинська									
Рівненська									
Житомирська									
Київська							2	2	2,9
Львівська									
Хмельницька	1							1	1,4
Полтавська									
Харківська							1	1	1,4
Тернопільська	2							2	2,9
Черкаська									
Луганська									
Вінницька									
Івано-Франківська									
Кіровоградська	1							1	1,4
Дніпропетровська	1							1	2,9
Донецька							1	1	1,4
Закарпатська	11	13	4	1	2	8	11	50	71,4
Чернівецька	1							1	1,4
Одеська	1							1	1,4
Запорізька									
Миколаївська	1							1	1,4
Херсонська									
АР Крим	5	1	1				1	8	11,8
Усього	24	14	5	1	2	8	16	70	100,0
Повторюваність,%	34,3	20,0	7,1	1,4	2,9	11,4	22,9	100,0	

**Січень.** Відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались на території України майже кожного року за виключенням 1996 р. Їх загальна кількість становила 24 випадки, які спостерігались у 9 областях на 10 станціях – Закарпатській (Плай), Хмельницькій (Ямпіль), Тернопільській (Тернопіль, Чортків), Чернівецькій (Новодністровськ), Одеській (Любашівка), Кіровоградській (Долинська), Миколаївській (Баштанка), Дніпропетровській (Синельнікове) та АР Крим (Ай-Петрі). Здебільшого у областях була лише одна станція, яка спостерігала такі відкладення за виключенням Тернопільської області, де таких станцій було 2. Тобто, переважно у областях такі відкладення були поодинокі (1-2 випадки), тому їх внесок становив 4,2 та 8,3 % від загалу. Саме така кількість випадків спостерігались у Хмельницькій, Тернопільській, Кіровоградській, Дніпропетровській, Чернівецькій та Одеській областях. Проте на Закарпатті (МС Плай) та у АР Крим (Ай-Петрі) їх було значно

більше, відповідно 11 та 5 випадків, що становило 45,8 та 20,8 % від загалу за цей місяць протягом першого десятиріччя загального досліджуваного періоду 1991-2000 рр. По окремих роках найбільше таких випадків спостерігалось у 1992 та 1999 рр., що становило відповідно 6 та 7 випадків, або 25,0 та 29,2 % від загалу за цей місяць. Розподіл кількості випадків таких відкладень по окремих роках цього десятиріччя ілюструє таблиця 4.

**Лютий.** У цей період відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались лише на території 2-х областей – Закарпатської (Плай) та АР Крим (Ай-Петрі), загальною кількістю 14 випадків (табл.1). Такі відкладення на території України спостерігались майже кожного року за виключенням 1995, 1997 та 1998 рр. (табл. 4). Здебільшого вони були поодинокими 1-2 випадки, але у 1993 р. на МС Плай їх спостерігалось 3 випадки (21,4 %). Загалом на МС Плай протягом лютого 1991-2000 рр. встановлено 13 випадків відкладень паморозі категорії НЯ, що складає 92,9 % від загальної кількості таких відкладень за цей період та свідчить про перевагу цієї станції у внесок до загалу.

**Березень.** У березні протягом 1991-2000 рр. на території України, так само як і у лютому відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались на території 2-х областей – Закарпатській (Плай), та АР Крим (Ай-Петрі) загальною кількістю 5 випадків (табл.1). Загалом на Закарпатську область та МС Плай припало 80,0 % випадків відкладень паморозі категорії НЯ протягом 1991-2000 рр., а на АР Крим та Ай-Петрі 20,0 %. По роках періоду вони спостерігались лише у 1995, 1998 та 2000 р., в решті років вони не спостерігались (табл. 4). У 1995 та 1998 рр. таких випадків було 2, що відповідно становило 40,0% у кожному з них, і усі вони спостерігались на МС Плай.

**Квітень.** У квітні цього досліджуваного десятиріччя випадки відкладень паморозі категорії НЯ спостерігались виключно на території Закарпатської області на МС Плай. Таких випадків було лише 1 у 1997 р. Внесок цього місяця у загальну кількість випадків відкладень паморозі категорії НЯ у загальну кількість за 1991-2000 рр. найменший – 1,4 %. На решті території таких випадків відкладень не спостерігалось (табл.4).

**Жовтень.** У цьому місяці відкладення паморозі категорії НЯ на території України спостерігались лише на Закарпатті на МС Плай у кількості 2-х випадків. Внесок у загальну кількість таких випадків протягом 1991-2000 рр. становив 2,9 % від загалу (табл.1). По окремих роках десятиріччя вони спостерігались відповідно по одному у 1991 та 1999 рр. (табл.4).

**Листопад.** У листопаді так само як і у квітні та жовтні такі відкладення спостерігались лише на Закарпатті на МС Плай загальною кількістю 8 випадків, що становило 11,4 % від загалу за це десятиріччя (табл.1). По роках періоду такі відкладення спостерігались у 1992-1996, 1998 та 1999 рр., що ілюструє (табл. 4).

**Грудень.** У грудні цього періоду відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались на території 5 областей на 6 станціях – Закарпатської (Плай), Київської (Біла Церква, Чорнобиль), Харківської (Великий Бурлук), Донецької (Дебальцеве) та АР Крим (Ай-Петрі) загальною кількістю 16 випадків, або 22,9 % від загалу (табл. 1). Здебільшого такі випадки по областях були поодинокі 1-2 випадки, але на Закарпатті на МС Плай їх було 11 випадків, що склало 68,8 %. Вони спостерігались не кожного року а лише у 1991-1994, 1997-1999 рр. (табл.4.)

**2. Період 2001-2010 рр.** Загалом за досліджуваний період спостерігалось 72 випадки відкладень паморозі категорії НЯ на території України. Протягом цього періоду вони спостерігались на території 7 областей на 7 станціях - Хмельницької (Хмельницький), Тернопільської (Тернопіль), Закарпатської (Плай), Донецької (Дебальцеве), Івано-Франківської (Пожежевська), Запорізької (Пришиб) та АР Крим (Ай-Петрі). Територіальний розподіл таких випадків по окремих областях України показано на рис. 16. Їх повторюваність по окремих місяцях досліджуваного періоду відображає таблиця 2. Встановлено, що як і зазвичай такі відкладення найчастіше спостерігались у січні – 15 випадків або 20,8 % від загалу за досліджуваний період та у грудні – 17 випадків (23,6 %). На лютий, березень та листопад за цей проміжок часу припадало по 12 випадків, що склало 16,7 % на кожний з цих місяців від загалу. У квітні та жовтні такі відкладення були поодинокі, у квітні спостерігалось 3 випадки, а у жовтні лише 1 випадок. Треба зауважити, що при цьому у ці місяці випадки відкладень паморозі категорії НЯ спостерігались лише на Закарпатті на МС Плай. По окремих областях найбільший внесок за цей період у загальну кількість випадків

із відкладеннями паморозі категорії НЯ має Закарпатська область та МС Плай. Їх внесок становить 88,9 % у загальну кількість випадків протягом 2001-2010 рр. Треба зазначити, що такі відкладення були більш поширені територією України у січні, ніж у інші з досліджуваних місяців. Порівняно із 1991-2000 рр. у цьому періоді майже на половину зменшилась фактична кількість випадків паморозі категорії НЯ у січні та на кілька значень у лютому. Проте, їх кількість зросла більше ніж у двічі у березні та дещо менше у листопаді. У квітні та жовтні зміни у кількості таких випадків були незначні.

**Таблиця 2. Повторюваність (%) випадків відкладень паморозі категорії НЯ (небезпечна) на території України по окремих областях протягом 2001-2010 рр.**

Області	Місяці							Усього	Повторюваність, %
	I	II	III	IV	X	XI	XII		
Чернігівська									
Сумська									
Волинська									
Рівненська									
Житомирська									
Київська									
Львівська									
Хмельницька	1							1	1,4
Полтавська									
Харківська									
Тернопільська	1							1	1,4
Черкаська									
Луганська									
Вінницька									
Івано-Франківська	1						1	2	2,8
Кіровоградська									
Дніпропетровська									
Донецька	1							1	1,4
Закарпатська	10	11	12	3	1	12	15	64	88,9
Чернівецька									
Одеська									
Запорізька	1							1	1,4
Миколаївська									
Херсонська									
АР Крим		1					1	2	2,8
Усього	15	12	12	3	1	12	17	72	100,0
Повторюваність,%	20,8	16,7	16,7	4,2	1,4	16,7	23,6	100,0	

**Січень.** У січні цього періоду загальна кількість випадків відкладень паморозі категорії Настановила 15 випадків, які спостерігались на території 6 областей на 6 станціях – Хмельницькій (Хмельницький), Тернопільській (Тернопіль), Івано-Франківській (Пожежевська), Закарпатській (Плай), Донецькій (Дебальцеве), Запорізькій (Пришиб). Враховуючи окремі станції, які спостерігали такі відкладення, найбільша їх кількість спостерігалась на МС Плай та становила 10 випадків, або 66,7 % від загалу у цьому місяці. На решту станцій припадає по 1 випадку на кожен, що становить 6,7 %. Таблиця 5 ілюструє ситуацію із розподілом таких відкладень по окремих роках досліджуваного періоду. Так, такі відкладення мали місце у 2002-2006, 2009 та 2010 рр., тобто у 3-х роках 2001, 2007 та 2008 вони на території України не спостерігались. Здебільшого випадки відкладень паморозі категорії НЯ спостерігались поодинокі, але їх найбільша кількість спостерігалась у 2002, 2005 та 2010 рр. і становила 3 випадки у кожному з цих років.

**Лютий.** Відкладення паморозі категорії НЯ у цей час спостерігались лише на території 2-х областей - на Закарпатті на МС Плай та у АР Крим на Ай-Петрі. Загальна кількість подібних випадків склала 12, що становило 16,7 % від їх загальної кількості за цей період (табл.2). Внесок цих двох областей становив 91,7 % для Закарпаття та 8,3 % для Ар Крим.

По окремих роках періоду такі відкладення спостерігались у 2001, 2003, 2005-2009 рр. (табл. 5).

**Березень.** У березні 2001-2010 рр. відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались виключно на території Закарпатської області на МС Плай. Усього було встановлено 12 подібних випадків, що я і у лютому становило 16,7 %. По окремих роках цього десятиріччя вони спостерігались у 2003 та 2005-2010 рр. Найбільша їх кількість 4 випадки спостерігалась у 2009 р., що склало 33,3 % від загалу за цей місяць протягом 2001-2010 рр.(табл.5).

**Квітень.** У квітні досліджуваного десятиріччя такі відкладення паморозі, як і у березні спостерігались лише на Закарпатті на МС Плай загальною кількістю 3 випадки за досліджуване десятиріччя, що становило 4,2 % від загалу за цей період (табл.2). По окремих роках періоду вони були поодинокі та спостерігались лише у 2005, 2006 та 2008 рр., про що свідчить табл. 5.

**Жовтень.** У цьому місяці такі відкладення так само як у березні та квітні спостерігались лише у Закарпатській області на МС Плай кількістю 1 випадок або 1,4 % від загалу за десятиріччя (табл 2). Цей випадок спостерігався у 2005 р.

**Листопад.** Спостерігається тенденція, що протягом березня, квітня та у листопаді 2001-2010 рр. відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались тільки на Закарпатті на МС Плай загальною кількістю 12 випадків, або 16,7 % від загалу (табл. 2). По окремих роках досліджуваного періоду вони спостерігались у 2001, 2002, 2005-2008, 2010 рр.(табл.5). Здебільшого такі відкладення були поодинокі, проте у 2007 та 2010 рр. таких випадків було по 3 у кожному з вищезгаданих років, що становило відповідно по 25,0 % кожний.

**Грудень.** У грудні цього десятиріччя відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались на території 3 областей – Закарпатської (Плай), Івано-Франківської (Пожежевська) та АР Крим (Ай-Петрі). Загальна кількість випадків таких випадків становила 17, що склало 23,6 % від загальної кількості за десятиріччя (табл.2). Такі відкладення спостерігались майже кожного року за виключенням таких років, як 2001, 2009 та 2010 рр. (табл.5). Найбільша кількість випадків припала на 2004, 2005, 2007 рр. – відповідно 3 та по 4 випадки що склала відповідно 17,6 % для 2004 р. та по 23,5 % у 2005 та 2007 рр.

**3. Період 2011-2020 рр.** Цей період відображає поточну тенденцію та сучасний стан просторово-часового розповсюдження відкладень паморозі категорії НЯ. З'ясовано, що такі відкладення спостерігались переважно на території Закарпатської області на МС Плай. Лише кілька випадків таких відкладень, а саме - 1 випадок таких відкладень у січні зареєстровано у Київській області на МС Баришівка та ще 1 у березні на МС Пожежевська (Івано-Франківщина) що відображено на рис.1 в. Загальна кількість таких відкладень за цей період становила 76 випадків, причому 74 з них на МС Плай, що дещо більше ніж загалом випадків таких відкладень у протягом 1991-2000 рр., або 2001-2010 рр. (відповідно 70 та 72 випадки). На відміну від попередніх досліджуваних десятиріч, по окремих місяцях 2011-2020 рр. випадки відкладень паморозі категорії НЯ спостерігались у січні - квітні, листопаді та грудні, проте у жовтні цього періоду вони не спостерігались (табл. 3). Звертає на себе увагу те, що у окремі місяці існує певний перерозподіл кількості випадків відкладень паморозі категорії НЯ на території України, порівняно із попередніми десятиріччями. Так, наприклад, їх кількість зросла у січні особливо порівняно із 2001-2010 рр., проте дещо зменшилась у грудні порівняно із двома попередніми десятиріччями (табл. 3). Також у квітні продовжувала існувати тенденція до зменшення таких випадків, зокрема і в Карпатському регіоні, а у жовтні на відміну від двох попередніх десятиріч таких випадків зовсім не спостерігалось.

**Січень.** У січні цього десятирічного періоду відкладення паморозі категорії НЯ спостерігались у тій чи іншій кількості кожного року, причому майже усі випадки спостерігались на Закарпатті на МС Плай – 26 випадів або 96,3 % від загалу за цей місяць (табл. 3). Загалом таких випадків було 27 (35,5 %). Лише 1 випадок таких відкладень було встановлено на території Київської області у Баришівці у 2018 р. По окремих роках найбільша кількість випадків із такими відкладеннями спостерігалась у 2011,2015, 2018 рр. та 2020 рр., а саме у 2011, 2015 та 2020 – 4 випадки, або 14,8 % від загалу у цьому місяці та у 2018 р. – 5 випадків, або 18,5 % (табл.6).

**Таблиця 3. Повторюваність (%) випадків відкладень паморозі категорії НЯ (небезпечна) на території України по окремих областях протягом 2011-2020 рр.**

Області	Місяці							Усього	Повторюваність, %
	I	II	III	IV	X	XI	XII		
Чернігівська									
Сумська									
Волинська									
Рівненська									
Житомирська									
Київська	1							1	1,3
Львівська									
Хмельницька									
Полтавська									
Харківська									
Тернопільська									
Черкаська									
Луганська									
Вінницька									
Івано-Франківська			1					1	1,3
Кіровоградська									
Дніпропетровська									
Донецька									
Закарпатська	26	13	9	2	0	9	13	72	94,7
Чернівецька									
Одеська									
Запорізька									
Миколаївська									
Херсонська									
АР Крим									
Усього	27	15	10	2	0	9	13	76	100,0
Повторюваність, %	35,5	19,7	13,2	2,6	0,0	11,8	17,1	100,0	

**Таблиця 4. Повторюваність випадків відкладення паморозі НЯ (небезпечна) по окремих місяцях протягом окремих років періоду 1991-2000 рр.**

Місяці	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Усього
I	1	6	1	2	2	0	1	1	7	3	24
II	1	2	3	2	0	2	0	0	2	2	14
III	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	5
IV	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
X	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
XI	0	1	1	1	2	1	0	1	1	0	8
XII	4	2	3	2	0	0	3	1	1	0	16
Усього	7	11	8	7	6	3	4	5	10	5	70

**Таблиця 5. Повторюваність випадків відкладення паморозі НЯ (небезпечна) по окремих місяцях протягом окремих років періоду 2001-2010 рр.**

Місяці	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Усього
I	0	3	1	1	3	2	0	0	2	3	15
II	1	0	2	0	2	2	2	1	2	0	12
III	0	0	1	0	1	3	1	1	4	1	12
IV	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3
X	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
XI	1	1	0	0	1	1	3	2	0	3	12
XII	0	1	2	3	4	2	4	1	0	0	17
Усього	2	5	6	4	13	11	10	6	8	7	72

Таблиця 6. Повторюваність випадків відкладення паморозі НЯ (небезпечна) по окремих місяцях протягом окремих років періоду 2011-2020 рр.

Місяці	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Усього
I	4	1	2	2	4	1	3	5	1	4	27
II	2	0	2	0	2	2	2	3	2	0	15
III	2	0	2	2	1	0	2	0	0	1	10
IV	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XI	1	0	0	1	2	2	1	0	0	2	9
XII	2	2	2	1	2	2	0	2	0	0	13
Усього	11	4	8	6	11	8	8	10	3	7	76

**Лютий.** У цьому місяці випадків відкладень паморозі категорії НЯ спостерігалось 15 випадків. Усі вони спостерігались виключно на МС Плай, що на Закарпатті. Внесок лютого у загальну кількість таких випадків за 2011-2020 рр. становив 19,7 % (табл. 3). Випадки таких відкладень траплялись майже кожного року цього проміжку часу за виключенням 2012, 2014 та 2020 рр. коли вони не спостерігались на території України. По окремих роках найбільше таких випадків спостерігалось у 2018 р. – 3, що становило 20,0 % від загалу за цей місяць (табл. 6).

**Березень.** У березні 2011-2020 рр. спостерігалось 10 випадків відкладень паморозі категорії НЯ, що становило 13,2 % від загалу за досліджуваний період. З них 9 випадків спостерігалась на МС Плай на Закарпатті, що становило 90,0% та 1 випадок (10,0 %) у Івано-Франківській області на МС Пожежевська (табл.3). По окремих роках періоду такі відкладення спостерігались майже кожного року за виключенням 2012, 2016, 2018 та 2019 рр. Відкладення паморозі категорії НЯ були поодинокі, найбільша кількість їх в окремі роки становила 2 випадки (2011, 2013, 2014, 2017 рр.), що становило 20,0 % у кожному з них від загальної кількості за цей місяць (табл.6).

**Квітень.** Протягом квітня 2011-2020 рр. випадки відкладень паморозі категорії НЯ були не чисельні – лише 2 випадки і тільки на Закарпатті на МС Плай (табл. 3). Вони спостерігались у 2-х роках – 2012 та 2016 (табл. 6).

**Жовтень.** У цьому місяці відкладень паморозі категорії НЯ на території України не спостерігалось.

**Листопад.** Протягом досліджуваного періоду на території України спостерігалось 9 випадків відкладень паморозі категорії НЯ, що становило 11,8 % від загальної кількості за 2011-2020 рр. (табл.3). Усі вони спостерігались тільки в одному місці на Закарпатті на МС Плай. Такі відкладення відмічались у 2011, 2014-2017, 2020 рр. Найбільша кількість випадків таких відкладень - 2, відмічалась у 2015, 2016 та 2020 рр., що становило 22,2 % відповідно (табл.6).

**Грудень.** Протягом грудня 2011-2020 рр. відкладення паморозі категорії НЯ так само, як і у більшості досліджуваних місяців спостерігались на Закарпатті (Плай), загальною кількістю 13 випадків, або 17,1 % від загалу за цей період. Вони спостерігались майже кожного року за виключенням 2017 та 2019, 2020 рр. У 2011-2013, 2015 та 2016 рр. кількість випадків становила по 2-а кожного року, що склало 15,4 % для кожного з них (табл.6).

**Висновки.** Отже, зважаючи на отримані результати дослідження можна сказати, що у 1991-2000 рр. найбільша кількість випадків відкладень паморозі категорії НЯ на території України спостерігалась у січні, лютому та грудні, причому на січень припадає переважна кількість випадків.

Протягом січня відкладення паморозі категорії НЯ були достатньо широко представлені на території України у 9 областях. Протягом лютого та березня вони спостерігались лише у гірських місцевостях – на Закарпатті та у АР Крим. У квітні, жовтні та листопаді такі відкладення спостерігались лише на Закарпатті на метеостанції Плай. У грудні ареал їх поширення розширився і вони спостерігались не тільки у гірській місцевості, а й на півночі, північному сході та сході країни на території 5 областей.

Найбільша кількість таких випадків протягом 1991-2000 рр. спостерігалась на Закарпатті (Плай) та у АР Крим (Ай-Петрі).



У періоді 2001-2010 рр. також основна кількість випадків відкладення паморозі категорії НЯ припадає на місяці холодного періоду року, особливо січень та грудень. На відміну від періоду 1991-2000 рр. відбулось збільшення кількості випадків у березні та листопаді, а також дещо зросла кількість таких відкладень у квітні.

Переважає кількість випадків відкладень паморозі категорії НЯ протягом 2001-2010 рр. так само як і у попереднє десятиріччя спостерігалось на території Закарпаття на метеостанції Плай.

Протягом 2011-2020 рр. помічено збільшення кількості випадків відкладень паморозі категорії НЯ у січні та лютому відносно 2001-2010 рр. та деяке зменшення цих відкладень у листопаді та грудні. На відміну від попередніх десятиріч у жовтні цього періоду відкладень паморозі категорії НЯ не спостерігалось. Також для цього періоду встановлено більшу локалізацію таких відкладень на Закарпатті в усіх досліджуваних місяців відносно попередніх досліджуваних періодів, коли особливо у січні та грудні такі відкладення були досить широко розповсюджені по території України. Одним з пояснень такого розподілу може слугувати тривале потепління холодного періоду, яке спостерігається в Україні при якому сприятливі умови для виникнення таких відкладень спостерігаються переважно у гірських місцевостях.

#### Список літератури

1. *Вайнберг Б.П.* Снег, иней, град, лед и дедники. ОНТИ. М.-Л.: 231 с.
2. *Бучинский В.Е.* Атлас обледенения проводов. Л.: Гидрометеиздат. 1966. 116 с.
3. *Драневич Е.П.* Гололед и изморозь. Условия образования, прогноз и гололедное районирование северо-запада Европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 228 с.
4. *Заморский А.Д.* Атмосферный лед. Иней, гололед, снег и град. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. 377 с.
5. Инструкция по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД», а также его дочерних и зависимых обществ. // Вагоны и вагонное хозяйство. 2014. №3. М.: Изд-во Российские железные дороги. С. 14-22.
6. *Раевский А.Н.* К вопросу о повторяемости гололеда. Метеорология и гидрология, 1953. №1. С. 28-31.
7. *Раевский А.Н.* Влияние рельефа на распределение гололедно-изморозевых обложений. Труды ОГМИ. 1961. Вып. XXIII. С. 3-10.
8. *Раевский А.Н.* О распределении гололеда на территории Украины. Труды УкрНИГМИ. 1961. Вып. 29. С. 50-62.
9. *Раевский А.Н.* Влияние особенностей рельефа на распределение гололедных отложений. Труды ГГО. 1961. Вып. 122. С. 75-80.
10. *Руднева А.В.* Гололед и обледенение проводов на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 170 с.
11. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. I. Л.: Гидрометеиздат. 1986. 701 с.
12. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. II. Вып.1. Европейская часть СССР и Закавказье. Л.: Гидрометеиздат. 1987. 298 с.
13. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні і стихійні явища погоди. Державна гідрометеорологічна служба. Київ, 2003. 30 с.
14. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Вип. 3. Ч.I. Метеорологічні спостереження на станціях. К.: Державна гідрометеорологічна служба. 2011. 279 с.
15. Роз'яснення «Настанови з метеорологічного прогнозування» від 01.01.2019 р. на заміну КД 52.4.3.01-03 (Державна гідрометеорологічна служба, Київ, 2003). Полтава. Полтавський обласний центр з гідрометеорології. Державна гідрометеорологічна служба. 2018.
16. Настанова з метеорологічного прогнозування. Нормативний Документ. УкрГМЦ. Київ. 2019. 35 с.

#### References

1. *Vaynberg B.P.* Sneg, iney, grad, led i ledniki . [Snow, frost, hail, ice and glaciers.]. ONTI. M.-L.: 231 s.
2. *Buchinskiy V.Ye.* Atlas obledeneniya provodov [Atlas of wire icing]. L.: Gidrometeoizdat. 1966. 116 s.
3. *Dranovich Ye.P.* Gololed i izmoroz'. Usloviya obrazovaniya, prognoz i gololednoye rayonirovaniye severo-zapada Yevropeyskoy territorii SSSR [Ice and frost. Formation conditions, forecast and icy zoning of the north-west of the European territory of the USSR]. L.: Hydrometeoizdat, 1971. 228 s.

4. Zamorskiy A.D. Atmosfernyy led. Iney, gololed, sneg i grad [Atmospheric ice. Rime, ice, snow and hail]. M.-L.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1955. 377 s.
5. Instruksiya po podgotovke k rabote v zimniy period i organizatsii snegobor'by na zheleznykh dorogakh, v drugikh filialakh i strukturnykh podrazdeleniyakh OAO «RZHD», a takzhe yego dochernikh i zavisimyykh obshchestvakh [Instructions for preparing for work in the winter and organizing snow fighting on the railways, in other branches and structural divisions of Russian Railways, as well as in its subsidiaries and dependent companies.] // Vagony i vagonnoye khozyaystvo. 2014. №3. M.: Izd-vo Rossiyskiye zheleznyye dorogi. S. 14-22.
6. Rayevskiy A.N. K voprosu o povtoryayemoti gololeda [On the issue of the repeatability of ice]. Meteorologiya i gidrologiya, 1953. №1. S. 28-31.
7. Rayevskiy A.N. Voianyie rel'yefa na raspredeleniye gololedno-izmorozevykh oblozheniy [The radiance of the relief on the distribution of icy-rime overlays]. Trudy OGMI. 1961. Vyp. KHKHIII. S. 3-10.
8. Rayevskiy A.N. O raspredelenii gololeda na territorii Ukrainy [About the distribution of ice on the territory of Ukraine]. Trudy UkrNIGMI. 1961. Vyp. 29. S. 50-62.
9. Rayevskiy A.N. Vliyaniye osobennostey rel'yefa na raspredeleniye gololednykh otlozheniy [The influence of relief features on the distribution of ice deposits]. Trudy GGO. 1961. Vyp. 122. S. 75-80.
10. Rudneva A.V. Gololed i obledeneniye provodov na territorii SSSR [Ice and icing of wires on the territory of the USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 1961. 170 s.
11. Rukovodstvo po kratkosrochnym prognozam pogody [Manual for short-term weather forecasts]. CH. I. L.: Gidrometeoizdat. 1986. 701 s. (in Russian)
12. Rukovodstvo po kratkosrochnym prognozam pogody. Part. II. Issue 1. Yevropeyskaya chast' SSSR i Zakavkaz'ye [Manual for short-term weather forecasts. Part II. Issue 1. European part of the USSR and Transcaucasia]. L.: Gidrometeoizdat. 1987. 298 s.
13. Nastanova po sluzhbi prognoziv ta poperedzhen' pro nebezpechni i stikhyni yavishcha pogodi. Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba [Instruction for the service of forecasts and warnings about dangerous and natural weather phenomena. State Hydrometeorological Service]. Kiyv, 2003. 30 s.
14. Nastanova gidrometeorologichnim stantsiyam i postam. Vip. 3. CH.I. Meteorologichni sposterezhennya na stantsiyakh [Instruction for hydrometeorological stations and posts. Issue 3. Part I. Meteorological observations at stations]. K.: Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba. 2011. 279 s.
15. Roz'yasnennya «Nastanovi z meteorologichnogo prognozuvannya» vid 01.01.2019 r. na zaminu KD 52.4.3.01-03 (Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba, Kiyv, 2003). Poltava. Poltavs'kiy oblasniy tsentr z gidrometeorologii. Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba. 2018. [Clarification of the "Instruction for meteorological forecasting" dated 01.01.2019 to replace CD 52.4.3.01-03 (State Hydrometeorological Service, Kyiv, 2003). Poltava. Poltava Regional Center for Hydrometeorology. State Hydrometeorological Service. 2018].
16. Nastanova z meteorologichnogo prognozuvannya. Normativniy Dokument [Instruction from meteorological forecast. Normative Document]. UkrGMTS. Kiyv. 2019. 35 s.

**Тенденции в распространении отложений изморози категории НЯ (опасная) на территории Украины в течение последнего тридцатилетия 1991-2020 гг.**

**Пясецкая С.И.**

*Статья посвящена исследованию пространственно-временного распространения отложений изморози категории НЯ (опасная) по территории Украины в течение последних 30-и лет, которые характеризуют современное состояние и динамику климатической системы в Украине и ее отдельных элементов. Целью исследования было установить особенности пространственно-временного распространения таких отложений по областям Украины по отдельным десятилетиям исследуемого периода и определить тенденцию в их распространении. Доказано преобладание случаев таких отложений в январе и декабре в течение 1991-2000 гг. Однако замечено определенная тенденция в следующем десятилетии к некоторого увеличения случаев таких отложений в отдельных месяцах переходных сезонов года. Для последнего десятилетия отмечен рост таких случаев в январе и декабре по сравнению с предыдущими десятилетиями. Однако в течение последних 2-х лет количество случаев отложений изморози категории НЯ несколько уменьшилась. Доказано, что подавляющее большинство таких случаев наблюдалась на Закарпатье метеорологической станции Плай, что связано с большей частотой появления благоприятных условий для ее образования.*

**Ключевые слова:** отложения изморози категории НЯ (опасная), стандартный гололедных станок, распространение отложений изморози категории НЯ по территории Украины, современные изменения климата.

**Trends in the spread of frost deposits of the category DP (dangerous phenomena) on the territory of Ukraine during the last thirty years 1991-2020**

**Pyasetska S.I.**

*The article is devoted to the study of spatio-temporal distribution of DP (dangerous phenomena) frost deposits on the territory of Ukraine during the last 30 years, which characterize the current state and dynamics of the climate*

system in Ukraine and its individual elements. The aim of the study was to establish the features of spatio-temporal distribution of such sediments in the regions of Ukraine for individual decades of the study period and to outline the trend in their distribution. Some increase in the incidence of such deposits in some months of the transition seasons. For the last decade, there has been an increase in such cases in January and December compared to previous decades. However, during the last 2 years the number of cases of frost deposits of the DP (dangerous phenomena) category has slightly decreased. It is proved that the vast majority of such cases were observed in Transcarpathia at the meteorological station Play, which is associated with a higher frequency of favorable conditions for its formation.

Given the results of the study, we can say that in 1991-2000 the largest number of cases of frost deposits of the category of DP in Ukraine was observed in January, February and December, with January accounting for the vast majority of cases.

During January, frost deposits of the DP category were quite widely represented on the territory of Ukraine in 9 oblasts. During February and March, they were observed only in mountainous areas - in Transcarpathia and in the Autonomous Republic of Crimea. In April, October and November, such deposits were observed only in Transcarpathia at the Play meteorological station. In December, their range expanded and they were observed not only in the mountains, but also in the north, northeast and east of the country in 5 regions.

The largest number of such cases during 1991-2000 was observed in Transcarpathia (Play) and in the Autonomous Republic of Crimea (Ai-Petri).

In the period 2001-2010, the main number of cases of frost deposition of the DP (dangerous phenomena) category falls on the months of the cold period of the year, especially January and December. In contrast to the period 1991-2000, the number of cases increased in March and November, and the number of such deposits increased slightly in April.

The vast majority of cases of frost deposits of the DP (dangerous phenomena) category during 2001-2010, as well as in the previous decade, were observed in Transcarpathia at the Play weather station.

During 2011-2020, there was an increase in the number of cases of DP frost deposits in January and February compared to 2001-2010 and a slight decrease in these deposits in November and December. Also for this period, a greater localization of such sediments in Transcarpathia was established in all the studied months compared to the previous study periods, when especially in January and December such sediments were quite widespread in Ukraine.

**Keywords:** DP frost deposits (dangerous phenomena), standard ice machine, distribution of DP category frost deposits on the territory of Ukraine, modern climate changes.

**Надійшла до редколегії 24.04.2021**

**Пасічник М.П., Ільїн Л.В., Хільчевський В.К. Сапропелеві рекреаційно-туристичні ресурси озер Волинської області: монографія.** Луцьк : Волиньполіграф, 2021. 172 с. ISBN 978-617-7843-20-6

Монографія присвячена виявленню, кількісному та якісному оцінюванню сапропелевих пелоїдів Волинської області, а також розробці прикладних засад їхньої охорони й лікувально-оздоровчого використання. У виданні систематизовано теоретико-методологічні підходи щодо дослідження прісноводних сапропелевих пелоїдів. Запропоновано авторську методику оцінювання озерних родовищ сапропелю за першочерговістю освоєння для рекреаційно-туристичних потреб. Значна увага приділена аналізу мінерального й органічного складу, фізико-механічних властивостей та санітарно-епідеміологічного стану сапропелевих відкладів озер. На підставі аналізу й узагальнення фактичного матеріалу оцінено перспективні ресурси сапропелевих пелоїдів та запропоновано заходи з їхньої охорони й раціонального використання.

Для географів, гідрологів, екологів, фахівців курортної й рекреаційно-туристичної галузей, водного господарства, охорони навколишнього природного середовища, науково-педагогічних працівників й здобувачів вищої освіти.

Автори:

*Пасічник Михайло Петрович* – доктор філософії за спеціальністю «Науки про Землю», викладач кафедри туризму та готельного господарства географічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки.

*Ільїн Леонід Володимирович* – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри туризму та готельного господарства географічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки.

*Хільчевський Валентин Кирилович* – доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, почесний працівник гідрометслужби України, лауреат Державної премії України, професор кафедри гідрології та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

**Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навч. посібник.** Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 76 с. ISBN 978-966-940-380-3

Викладено основні відомості про поширені методи хімічного аналізу природних вод. Наведено методики визначення хімічних компонентів у природних водах: розчинених газів, біогенних та органічних речовин, головних йонів, твердості. Розглянуто способи та форми вираження і контролю отриманих результатів. Висвітлено методи екологічного оцінювання якості природних вод, а також питної води та водних об'єктів, призначених для різних видів водокористування (господарсько-питного, культурно-побутового, рибогосподарського).

Навчальний посібник призначено для студентів університетів, які вивчають «Основи гідрохімії», «Гідрохімію» за освітніми програмами з гідрології спеціальності «Науки про Землю».

Автори:

*Хільчевський Валентин Кирилович* – доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, почесний працівник гідрометслужби України, лауреат Державної премії України, професор кафедри гідрології та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

*Забокрицька Мирослава Романівна* – кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії географічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки.

## ПОРЯДОК ПОДАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО ПЕРІОДИЧНОГО НАУКОВОГО ЗБІРНИКА “ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ”

**Періодичність:** науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”, заснований у 2000 р., виходить 4 рази на рік. Він готується до видання на базі кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

### **Наукова тематика збірника:**

- теоретичні та експериментальні гідрологічні, гідрохімічні та гідроекологічні дослідження водних об’єктів;
- вплив кліматичних змін на елементи гідрологічного режиму;
- оцінка антропогенного впливу на водні об’єкти;
- аналіз катастрофічних гідрологічних явищ та їхній вплив на водні об’єкти;
- управління, використання та охорона водних ресурсів;
- якість води в джерелах водопостачання;
- географічні аспекти досліджень глобального гідрологічного циклу.

Приймаються до публікації рецензії на наукові видання, інформація про діяльність відомих вчених в області гідрології, гідрохімії та гідроекології, які присвячені ювілейним датам, матеріали про фахові конференції, що відбулися в Україні і за кордоном, анотації монографій і навчально-методичних видань.

**Структура статті** - авторам необхідно орієнтуватися на наступну рубрикацію при написанні статті:

- УДК, прізвище та ініціали автора/ів, назва установи, назва статті;
- анотація українською (мовою оригіналу);
- ключові слова;
- вступ, актуальність теми дослідження;
- аналіз виконаних досліджень за означеною темою;
- мета дослідження;
- матеріали та методи дослідження;
- виклад основного матеріалу (в тексті можливе виділення підпунктів);
- висновки;
- список літератури: оригінальний та транслітерований (References) з англійським перекладом назв;
- анотації (трьома мовами – українською, російською, англійською).

**Мова публікацій** – українська, англійська або інші офіційні мови Європейського Союзу (ст. 22 Закону України «Про забезпечення функціонування української мови як державної» від 25 квітня 2019 р). У разі публікації англійською мовою або іншими офіційними мовами Європейського Союзу стаття має супроводжуватися анотацією і переліком ключових слів українською мовою. Текст повинен бути відредагованим і оформленим без помилок.

**Етичні норми** – матеріал, викладений у статті має бути оригінальним, раніше не опублікованим, поданим з дотриманням академічної доброчесності. Автори несуть повну відповідальність за зміст і достовірність викладених у статті матеріалів.

Для одноосібних статей, поданих студентами, обов’язковим є відгук наукового керівника.

**Рецензування статей** - всі статті проходять процедуру закритого рецензування двома рецензентами-спеціалістами за темою дослідження. Авторам повідомляються результати з метою реагування на зауваження рецензентів. Редколегія залишає за собою право відхилення статей, що не відповідають вимогам до наукових публікацій або у разі негативних рецензій.

### **Оформлення рукопису статті:**

- обсяг статті - до 14 стор. (основний текст, таблиці, рисунки, список літератури, анотації); матеріал обсягом менше 4 стор. – наукові повідомлення;
- шрифт Arial, кегль 11, Word 6-8;
- поля - всі по 2.5 см; інтервал – 1, абзац – 1,00;
- виділення шрифтами «титольної» частини статті:  
УДК - кегль 11;  
через інтервал - прізвище, ініціали автора – кегль 11, напівжирний, *нахилений*;  
назва установи - кегль 10, *нахилений*;

через інтервал - назва статті (кегель 11, напівжирний, прописними);  
через інтервал - анотація українською (мовою оригіналу) - кегль 9, *нахилений*;  
через інтервал - ключові слова - кегль 9, *нахилений*;  
через інтервал – основний текст статті (кегель 11).

**Одиниці вимірювання** величин і характеристик у статтях треба наводити згідно системи СІ. Зокрема, концентрацію хімічних компонентів у воді – в мг/дм<sup>3</sup> (а не в мг/л).

**Список літератури** - оригінальний і транслітерований (References) з англійським перекладом назв розташовується після основного тексту статті (висновків) через один інтервал.

*Оригінальний список літератури.* Посередині друкується підзаголовок «Список літератури» (кегель 10, напівжирний), а потім у стовпчик подається оригінальний перелік джерел (також кегль 10). Оформляється згідно з ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». Посилання на джерела у тексті подаються у квадратних дужках із зазначенням порядкового номера.

*Транслітерований список літератури - «References».* Після оригінального «Списку літератури» наводиться транслітерований латиницею список літератури із заголовком «References». Прізвища авторів – у транслітерації згідно з Постановою КМУ від 27.01.2010 № 55 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею». Для джерел не англійською мовою після назви роботи в квадратних дужках додається її переклад англійською мовою, наприклад:

*Khilchevskyi V.K.* Hidroekolozhichni problemy revitalizatsii richok na terytorii miskykh ahlomeratsii – mizhnarodnyi ta ukraïnskyi dosvid [Hydroecological problems of rivers revitalization on the urban ares - international and Ukrainian experience]. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiia. 2017. № 2(45). S. 6-13.

**Анотації** російською та англійською мовами розташовуються після «References» через один інтервал. Анотація подається за схемою:

- назва статті (кегель 9, напівжирний),
- прізвище та ініціали автора/ів (кегель 9, напівжирний, *нахилений*);
- короткий текст анотації (кегель 9, *нахилений*); англійською – розширений текст (2000 знаків без пробілів);
- ключові слова - до 5-6 слів чи словосполучень, розділених крапкою з комою (кегель 9, *нахилений*).

**Реферат статті** – додається автором/ами для розміщення в українському реферативному журналі «Джерело». Рекомендований обсяг – 850 знаків

#### **Приклад оформлення реферату статті:**

УДК 556.012 556.522

Типізація річок та озер української частини басейну Вісли та її узгодженість з дослідженнями в Польщі / Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Забокрицька М.Р. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2017. (*№ і стор. - буде представлено в редакції*).

Здійснена абіотична типізація річок, яка базується на вимогах ВРД ЄС і типологічній системі адаптованій в Польщі, дозволила виділити: для басейну Західного Бугу в межах України 5 абіотичних типів річок, в межах Польщі - 7; для басейну Сану в межах України - 4 типи річок, в межах Польщі - 10. Згідно ВРД ЄС у басейні р. Західний Буг до дуже великих річок належить, власне, Західний Буг, а до великих річок - Полтва, Рата, Луга і Ріта. У басейні р. Сан до дуже великих річок належить, власне, Сан, а до великих річок - Вишня і Завадівка (Любачівка). Для виконання типізації озер у басейні Західного Бугу на території України згідно вимог ВРД ЄС необхідно провести дослідження за комплексом показників (геологічних умов водозбору, співвідношення площі водозбору до об'єму озера, вертикальної стратифікації озерних вод).

Іл. 2. Табл. 3. Бібліогр.: 12 назв.

**Ключові слова:** Західний Буг, Сан, Водна рамкова директива Європейського Союзу, абіотичні типи, річка, озеро

**Відомості про авторів** - подаються при надсиланні статті в редколегію (окремим файлом): прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь та вчене звання, місце роботи, посада, службова адреса, контактний телефон, e-mail.

**Надсилання рукопису статті** на адресу редколегії здійснюється в *електронному вигляді* (з назвою файлу – прізвище автора латинськими літерами), а також у *роздрукованому вигляді* у 2-х примірниках (для рецензування), один – з підписами авторів; другий – копія першого без підпису.

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 3 (61)**

Наукове видання

# ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Періодичний науковий збірник

**2021 рік**

**№ 3 (61)**

*Збережено авторський стиль та орфографію*

Комп'ютерна верстка – Москаленко С.О.

Підписано до друку 17.09.2021  
Формат 60x90/8. Папір офсетний.  
Гарнітура Arial. Друк різнограф.  
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.  
Наклад 100 прим. Зам. № 52-014.



**Видавництво географічної літератури “Обрії”**  
Свідоцтво Держкомінформ України  
ДК № 23 від 30.03.2000 р.  
Київ, вул. Старокиївська, 10  
Тел.: (096) 882-30-30  
e-mail: vgl\_obrii@ukr.net

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 3 (61)