

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
№ 4 (62)

Київ

2021

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Період. наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. 2021. № 4 (62). 84 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

Periodic scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2021. № 4(62). 84 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
(28 грудня 2021 р., протокол № 6)*

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. № 4 (62)

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.

Оцінювання якості рекреаційного водного середовища: світові тенденції, рекомендації ВООЗ, директива ЄС щодо води для купання..... 6

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Большот Г.В., Лук'янець О.І., Гребінь В.В.

Структура часових рядів річного стоку води річок басейну Сіверського Дінця на основі стохастичного аналізу його багаторічних коливань 18

Кущенко Л.В.

Дослідження дефіцитів водності та індексів посухи для зони недостатньої водності України..... 34

Сарнавський С.П., Гребінь В.В.

Ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі лівобережжя Середнього Дніпра (від перших згадок до детальних описів – IV ст. до н. е - кінець XVIII ст.)..... 46

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Lesniak-Moczuk K., Skyba O.I., Bilyk Ya. O., Fedonyuk L. Ya.

Evaluation of the status of Warmian-Masurian lakes in Poland due to eutrophication process ... 67

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Єльнікова Т.О.

Екологічна характеристика водних об'єктів гірничодобувних регіонів (на прикладі річки Ірша Житомирської області)..... 75

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника "Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія" 82

CONTENTS

GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Khilchevskiy V.K.

Recreational aquatic environment quality assessment: global trends, WHO guidelines, EU bathing water directive 6

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Bolbot H., Lukianets O., Grebin V.

Structure of the time series of the annual water runoff of the rivers of the Siverskiy Donets River Basin based on the stochastic analysis of its long-term fluctuations 18

Kushchenko L.V.

Study of water availability deficits and drought indices for the zone of insufficient water availability in Ukraine 34

Sarnavskiy S.P., Grebin V.V.

Retrospective analysis of studies of the river network of the left bank of the Middle Dnieper (from the first mentions to detailed descriptions – IV century BC - the end of the XVIII century)..... 46

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Lesniak-Moczuk K., Skyba O.I., Bilyk Ya. O., Fedonyuk L. Ya.

Evaluation of the status of Warmian-Masurian lakes in Poland due to eutrophication process... 67

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

Yelnikova T.O.

Ecological characteristics of water bodies of mining regions (on the example of the Irsha river of Zhytomyr region)..... 75

Presenting and official registration of the articles for the scientific periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology»..... 82

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.1>
УДК 551.5:061.1

Хільчевський В.К.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ РЕКРЕАЦІЙНОГО ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ, РЕКОМЕНДАЦІЇ ВООЗ, ДИРЕКТИВА ЄС ЩОДО ВОДИ ДЛЯ КУПАННЯ

Мета даного дослідження полягає в ознайомленні з сучасними підходами до оцінювання якості води для рекреаційних цілей у світі та висвітленні основних положень рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щодо якості рекреаційної води (2021) та директиви Європейського Союзу щодо управління якістю води для купання (2006/7/ЄС). У світі активно займаються вивченням впливу якості води на рекреаційне водокористування (відвідування пляжів, рибалка, катання на човнах та інші види водного спорту, мандрієвки внутрішніми водними шляхами тощо). Дослідження свідчать, що добра якість води збільшує привабливість всіх видів рекреаційного водокористування. Забруднення води та евтрофікація водних об'єктів може значно знизити потребу у рекреації. У 2021 р. ВООЗ розробила рекомендації щодо якості рекреаційної води (прибережні і прісні води), в яких виділяються основні цільові мікробіологічні показники, пов'язані з несприятливими наслідками для здоров'я людини - кишкові ентерококи й кишкова паличка. У рекомендаціях ВООЗ наголошується на необхідності розробки та реалізації планів безпеки рекреаційної води, які забезпечують цілісний і практичний підхід до оцінки і управління ризиками, пов'язаними з використанням води в рекреаційних цілях. В Європейському Союзі діє «Директива щодо управління якістю води для купання» (2006/7/ЄС) від 2006 р., яка встановлює вимоги до моніторингу, класифікації та управління якістю води для купання у водних об'єктах, а також надання громадськості відповідної інформації. Директива 2006/7/ЄС доповнює Водну рамкову директиву ЄС (2000/60/ЄС).

Ключові слова: *якість води, рекреаційне водне середовище, водні об'єкти, вода для купання, пляж, план безпеки рекреаційної води, рекомендації ВООЗ, директива ЄС.*

Актуальність теми. Використання акваторії та узбережжя водних об'єктів в рекреаційних цілях, включаючи плавання, відпочинок, релаксацію, фізичні вправи і естетичне задоволення, має значні переваги для відновлення здоров'я людини. Це також приносить значну економічну вигоду на місцевому, регіональному та національному рівнях від туризму. Однак рекреаційне водне середовище містить і потенційні небезпеки, про які необхідно пам'ятати, піклуючись про здоров'я людини.

Під прибережними і прісноводними рекреаційними водними середовищами, згідно з рекомендаціями ВООЗ, розуміють прибережні, гирлові або прісноводні райони водних об'єктів, в яких будь-який тип рекреаційного водокористування здійснюється значною кількістю користувачів [18]. Спорадичне, але значне використання в рекреаційних цілях, також може мати місце на водних об'єктах, які зазвичай не вважаються місцями відпочинку; наприклад, спортивні змагання на річках або навіть каналах. Термін «прибережні» застосовується в значенні «прибережні морські».

Важливим визначальним чинником використання водних об'єктів для рекреації є якість води - поєднання фізичних властивостей та хімічного і біологічного складу води, що визначає її придатність для конкретних видів водокористування. Особливої уваги в цій тріаді, яка визначає якість води, потребує біологічний (мікробіологічний) блок показників, оскільки до нього належать патогенні мікроорганізми - збудники захворювань.

Добра якість води збільшує задоволення і ефект для здоров'я, які отримує рекреант. Але особливістю цього чинника є те, що людина не завжди усвідомлює низьку якість води або пов'язані з нею ризики. В першу чергу це пов'язано із затримкою хронічних впливів на здоров'я і труднощами в сприйнятті присутності забруднювальних речовин [7]. Людина не може враховувати низький рівень якості води в своєму сприйнятті загального рекреаційного досвіду до тих пір, поки не виникне відчутний негативний результат, пов'язаний з якістю

води, такий, наприклад, як захворювання системи травлення. Тому відповідні служби мають здійснювати постійний моніторинг водних об'єктів, задіяних в рекреації.

Слід також усвідомлювати, що рекреаційні водні об'єкти - це екосистеми, які підтримують цілу низку водяних організмів, включаючи риб і молюсків, комах і птахів. Деякі з цих організмів можуть спричиняти незручності, викликати травми (наприклад, медузи) або нести інші небезпеки для здоров'я людини (наприклад, пташині екскременти). Тому заходи із захисту здоров'я людини повинні бути збалансованими з екологічними цілями захисту водних екосистем.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) приділяє значну увагу якості рекреаційної води, розробляючи відповідні документи (огляди, вказівки, рекомендації), які слугують орієнтиром для національних органів, що займаються питаннями рекреації на водних об'єктах [18]. В Європейському Союзі діє «Директива щодо управління якістю води для купання» (2006/7/ЕС) від 15 лютого 2006 р. [12].

Варто відзначити, що в Україні відсутні окремі нормативні документи щодо якості рекреаційної води, або ж води водних об'єктів для купання. На даному етапі це питання вирішується у складі більш загальних нормативних вимог [1].

Тому дослідження та аналіз світового досвіду планування та реалізації заходів із захисту здоров'я людей, пов'язаних з питаннями якості рекреаційних вод, є надзвичайно актуальним завданням.

Аналіз виконаних досліджень. У численних публікаціях закордонних вчених висвітлено вплив якості води на рекреаційне водокористування. Дослідження стосуються рибної ловлі - Bockstael N.E. et al.; Curtis J. et al. [6, 9], плавання - Needelman M.S., Kealy M.J. [25], відвідування пляжів - Anciaes P.; Hanley N. et al. [3, 20], катання на човнах - Lipton D. [24] та інших видів водного спорту, мандрівок внутрішніми водними шляхами - Breen B. et al. [8], розважальних заходів, пов'язаних з водою - Binkley C.S., Hanemann W.M.; Gürlük S., Rehber E.; Hynes S. et al.; Paudel K.P. et al. [5, 19, 21, 26].

Висновки цих досліджень достатньо зрозумілі – добра якість води збільшує привабливість всіх видів рекреаційного водокористування, задоволення та користь для здоров'я, які рекреанти отримують від обраної ними діяльності - Aminu M. et al.; Arnold B.F. et al.; Egan K.J. et al., Lee L.-H. et al.; Wade T.J. et al. [2, 4, 16, 23, 28].

В. Breen та ін., досліджуючи вплив якості води на рекреаційне використання публічних водних шляхів (досить популярний вид відпочинку в Ірландії та Великій Британії), дійшли висновку, що мандрівники чутливо реагують на хімічний статус водних об'єктів [8]. Для рекреаційних користувачів більша тривалість поїздки асоціюється з місцями відпочинку з кращою якістю води, що засвідчує вигоду від зусиль щодо поліпшення якості води водних об'єктів в Європі відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС [11].

Водночас, відзначається, що забруднення води (особливо шкідливими мікроорганізмами) та евтрофікація водних об'єктів може значно знизити потребу у рекреації [24]. S. Dorevitch та ін. звертають увагу на якість води як предиктор шлунково-кишкових захворювань після попадання води в організм людини під час відпочинку [14, 15].

Негативним явищем для водної рекреації, як і для екологічного стану водного об'єкта, є цвітіння водоростей. Рекреанти з меншою ймовірністю будуть плавати, кататися на човнах і ловити рибу під час цвітіння водоростей через ризики для здоров'я, несприятливий зовнішній вигляд водного об'єкта і неприємні запахи. В свою чергу, це може мати значні економічні наслідки. Як відзначають W.K. Dodds et al. [13], в США передбачувані збитки, пов'язані із закриттям рекреаційних зон через гіперевтрофні умови на водних об'єктах, становлять від 182 до 589 млн доларів на рік.

В даній статті не розглядається питання якості питної води та води для господарсько-питних потреб, що використовується у міжнародній сфері розміщення туристів (готелі, кемпінги, санаторії), частка якої в переважній більшості країн становить менше 1% від обсягу водних ресурсів, що використовуються в цілому на національному рівні. Хоча в окремих острівних країнах цей показник може сягати й помітних значень (Барбадос - 2,6 %; Кіпр - 4,8 %; Мальта - 7,3 %), що вказує на можливість водних конфліктів між користувачами у зв'язку з великою кількістю прибулих туристів, оскільки острови мають обмежені водні ресурси [17].

Мета даного дослідження полягає в ознайомленні з сучасними підходами до методів оцінювання якості води для рекреаційних цілей у світі та висвітленні основних положень рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо якості рекреаційної води (2021) та директиви Європейського Союзу щодо управління якістю води для купання (2006/7/EC).

Матеріали та методи дослідження. Статтю підготовлено на основі узагальнення публікацій закордонних авторів, аналізу рекомендацій щодо якості рекреаційної води Всесвітньої організації охорони здоров'я (2021) [18], директиви Європейського Союзу щодо управління якістю води для купання (2006/7/EC) [12] та власного досвіду автора, отриманого під час участі у міжнародному проєкті зі створення «Енциклопедії сталого розвитку ООН», том «Чиста вода і санітарія» (2018-2021 рр.) [22].

Виклад основного матеріалу

1. Рекомендації ВООЗ щодо якості рекреаційної води

У 2021 р. Всесвітня організація охорони здоров'я опублікувала «Рекомендації щодо якості рекреаційної води: Том 1. Прибережні і прісні води» [18], які вийшли на заміну подібного документу, прийнятого у 2003 р. та доповнень до нього 2009 р. Відзначається, що рекомендації необхідно застосовувати поряд із дотриманням заходів з профілактики COVID-19. Зазначимо також, що у цьому документі не вся термінологія співпадає з термінами, прийнятими в українському рекреаційному наративі.

1.1. Загальні положення рекомендацій ВООЗ щодо якості рекреаційної води

Рекомендації ВООЗ направлені на охорону здоров'я населення через безпечне управління якістю води для рекреаційних цілей, зокрема:

- встановлення національних цільових показників здоров'я для рекреаційних вод, до яких відносяться: вміст мікробів (від фекального забруднення); ціанотоксини (від шкідливого цвітіння водоростей); якщо необхідно - інші мікробні небезпеки, пляжний пісок і хімічні речовини;
- розроблення і впровадження планів безпеки рекреаційної води (ПБРВ) для пріоритетних місць купання;
- здійснення постійного нагляду та інформування про ризики захворювань, пов'язаних з рекреаційною водою і своєчасне надання громадськості інформації про ризики для здоров'я.

Рекомендації ВООЗ призначені для організацій, які відповідають за безпеку рекреаційної води на кількох рівнях. В першу чергу, це національні та місцеві агентства, що займаються рекреаційним використанням води, такі, як органи охорони здоров'я, охорони довкілля та управління природними ресурсами, які несуть відповідальність за безпечність навколишнього середовища (рис. 1). Також вони зорієнтовані на власників або постачальників послуг на рекреаційних водах, які можуть мати юридичні зобов'язання щодо дотримання належної безпеки акваторії та пляжів.

Рекомендації мають логічну і розгалужену структуру з дев'яти розділів: 1) вступ; 2) цільові показники, пов'язані зі здоров'ям; 3) планування безпеки рекреаційної води; 4) забруднення фекаліями; 5) шкідливе цвітіння водоростей; 6) інші мікробні небезпеки; 7) пляжний пісок; 8) хімічні речовини; 9) естетика та незручності [18].

У рекреаційному водному середовищі відбувається багато різних видів відпочинку, спорту і дозвілля. При цьому, виділяються дії рекреантів, які відбуваються:

- за прямого контакту з водою;
- на пляжному піску;
- біля урізу води.

Рекомендації ВООЗ розроблено для всіх видів рекреаційних дій, включаючи прямий контакт з водою, вдихання морських бризок і відпочинок на території пляжу.

Виділяються наступні типи користувачів рекреаційним водним середовищем: постійні (місцеві мешканці); сезонні або спорадичні (туристи, рибалки); спеціалізовані (спортсмени: плавці, аквалангісти серфінгісти, човнярі та ін.) - табл. 1.

Нормативні значення якості води запроваджуються для населення в цілому, незалежно від визначених типів користувачів рекреаційним водним середовищем.

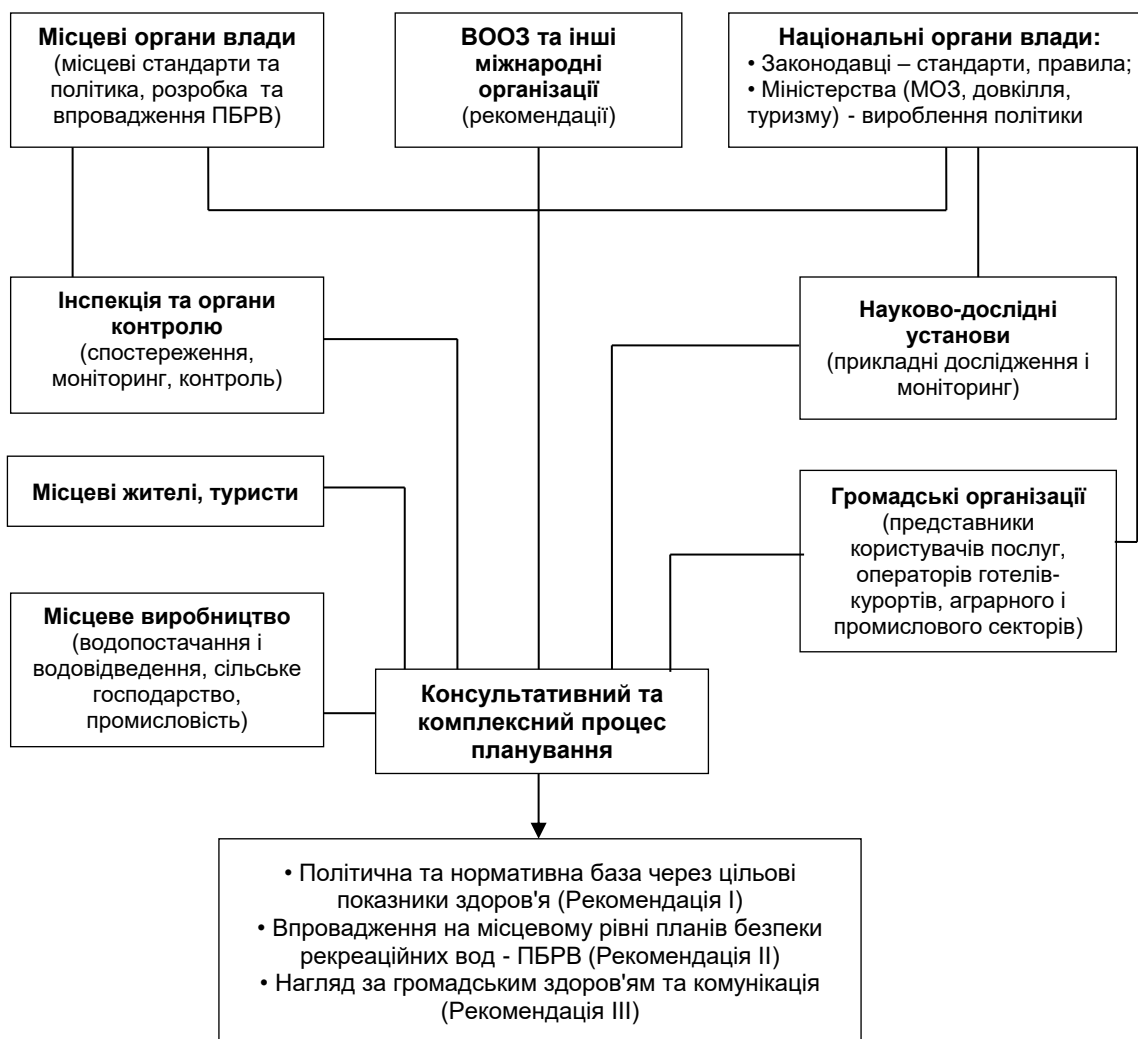


Рис. 1. Система організації взаємовідносин між сторонами, зацікавленими в добрій якості рекреаційного водного середовища, згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я (джерело: укладено автором за [18])

Таблиця 1. Характеристика типів користувачів рекреаційним водним середовищем (джерело: укладено автором за [18])

Типи користувачів рекреаційним водним середовищем		
Постійні	Сезонні або спорадичні	Спеціалізовані
Місцеві жителі	Туристи, рибалки	Спортсмени: плавці, аквалангісти серфінгісти, човнярі та ін.

ВООЗ також звертає увагу на небезпеки для особливо сприйнятливих людей і груп (табл. 2). Так, діти ковтають більше води, ніж дорослі під час відпочинку в результаті активнішої поведінки та тривалішого перебування у воді. Дослідження свідчать, що діти (6-12 років) ковтають у середньому 36 мл води за одне плавання, тоді як дорослі у віці ≥ 35 років ковтають 9 мл води за одне плавання [10].

Шляхи впливу на людину інфекційних і токсичних агентів, що знаходяться у воді, залежать від ступеня контакту з водою (табл. 3).

Таблиця 2. Характеристика груп людей, які особливо сприйнятливі до небезпеки зараження у рекреаційному водному середовищі (джерело: укладено автором за [18])

Особливо сприйнятливі групи людей до зараження у рекреаційному водному середовищі		
Діти	Люди похилого віку і люди з ослабленим імунітетом	Люди з обмеженими можливостями
Можуть піддаватися більшому ризику зараження через небажання дотримуватися формальних правил безпеки і гігієни. Вони також можуть довше гратися у воді і з більшою ймовірністю проковтнути певну кількість води	Більш сприйнятливі до дії патогенних організмів, а тому піддаються більшому ризику несприятливих наслідків для здоров'я від мікробного зараження води. З іншого боку, люди похилого віку, ймовірно, будуть менше ковтати води під час плавання і з більшою ймовірністю будуть дотримуватися правил і попереджень про якість води	Мають нижчу спритність і витривалість, що може обмежувати їхню здатність відновлюватися після проблем, що виникають при зараженні на воді

Таблиця 3. Характеристика ступеню контакту людини з водою в рекреаційному водному середовищі (джерело: укладено автором за [18])

Ступінь контакту з водою в рекреаційному водному середовищі		
Відсутність контакту	Випадковий контакт	Контакт всього тіла
Рекреаційна діяльність, при якій зазвичай немає контакту людини з водою або коли вода є вторинною по відношенню до отримання задоволення від рекреації (наприклад, сонячні ванни на пляжі з контактом з пляжним піском і вдиханням морських бризок)	Рекреаційна діяльність, при якій регулярно змочуються тільки кінцівки людини, а більший контакт (включаючи ковтання води) не є звичним (наприклад, катання на човні, риболовля, перехід вброд)	Рекреаційна діяльність, при якій все тіло людини знаходиться у воді або змочується бризками, і, ймовірно, деяка кількість води може бути проковтнута (наприклад, плавання, дайвінг, серфінг, вітрильний спорт, кайтбординг, веслування на байдарках і каное)

У рекомендаціях ВООЗ виділяються основні цільові показники стосовно якості рекреаційної води, пов'язані з несприятливими наслідками для здоров'я людини через фекальне забруднення водного об'єкта (глава 4) – основними індикаторами є кишкові ентерококи й кишкова паличка; шкідливе цвітіння водоростей або ціанобактерій (глава 5) – можливі небезпечні токсини.

До небезпек, які можуть мати місцеве або сезонне значення, відносяться: інші мікробні небезпеки (глава 6) – аеромонади, лептоспіри тощо; забруднення пляжного піску (глава 7) - кишкові ентерококи, кишкова паличка, бактеріофаги, кластридії. До потенційних джерел хімічної небезпеки (глава 8) відносяться: берегові і морські промислові скиди і розливи; скидання господарсько-побутових стічних вод; скиди вод із забруднених ділянок; місцеве використання моторизованих суден; станції прийому нафти; пестициди; відходи видобутку копалин; хімічні речовини, що зустрічаються в природі, включаючи токсини водоростей.

Питання естетики і можливих незручностей (глава 9) важливі в сприйнятті людиною рекреаційної акваторії та території пляжу. Опитування рекреантів про бажані характеристики морського курорту показують, що вибір місця залежить від чистоти пляжного піску і води без сміття. Основна естетична проблема - явне забруднення водного об'єкта, висока каламутність води, піна або запах. Інші проблеми, пов'язані зі здоров'ям, включають наявність: медуз; комах; диких птахів; собак; черепашок; устриць. Всі ці питання

відносяться до природних екосистем, для яких заходи захисту повинні розглядатися поряд з естетичними проблемами людини і можливими незручностями.

В цілому, рекомендації ВООЗ мають значний обсяг і вимагають окремого опрацювання [18]. Для застосування запропонованих принципів у місцевих умовах слід враховувати соціальні, культурні, екологічні та економічні особливості країни та специфіку рекреаційного водного об'єкта.

1.2. Плани безпеки рекреаційної води (ПБРВ)

Значна увага у рекомендаціях ВООЗ приділяється розробці та реалізації планів безпеки рекреаційної води - Recreational water safety planning (RWSP). Плани безпеки рекреаційної води (ПБРВ) забезпечують цілісний і практичний підхід до оцінювання і управління ризиками, пов'язаними з використанням води в рекреаційних цілях. Структура і функції ПБРВ ґрунтуються на цілях та ефективності, орієнтованих на здоров'я, які оцінюються за допомогою постійного епідеміологічного нагляду [18].

Головними організаціями можуть бути оператори або постачальники послуг на водних об'єктах або національні, регіональні або місцеві органи охорони здоров'я. У деяких юрисдикціях агентства з охорони навколишнього середовища відіграють провідну роль у моніторингу та управлінні безпекою рекреаційної води.

Головна установа формує команду для розробки і реалізації ПБРВ, яка буде керувати всім процесом. В команду повинні увійти представники всіх зацікавлених сторін: органів з охорони здоров'я; органів з охорони довкілля; органів по догляду за земельними і водними ресурсами; місцевої влади; місцевих громад (включаючи групи волонтерів); груп рекреаційних водокористувачів; місцевої індустрії туризму; місцевої галузі водопостачання та каналізації; агросектору і промисловості; інших зацікавлених сторін (представників гідроенергетики, підприємств аквакультури). До її складу повинні входити фахівці з аналізу ризиків і надзвичайних ситуацій. Слід визначити ролі та обов'язки кожної із зацікавлених сторін в контексті управління рекреаційною водою.

Узбережжя Філд (північний захід Англії, Ірландське море) - успішний приклад управління якістю води в рекреаційних цілях. В районі узбережжя Філд у 2012 р. виявилось, що за вимогами Водної рамкової директиви ЄС [11], якість води понад 50% акваторій для купання буде класифікована як «погана». В результаті, буде втрачене рекреаційне значення регіону, що негативно вплине на економіку краю. Тому в м. Блекпул було сформовано місцеве партнерське товариство «Turning Tides» з метою вирішення проблем якості води і створення відповідних умов для купання [27].

Товариство об'єднало групу зацікавлених сторін, в яку увійшли представники від місцевих органів влади: директорат з охорони громадського здоров'я; регіональна компанія з водопостачання та каналізації; орган екологічного регулювання (від агентства з охорони навколишнього середовища); сільськогосподарська організація (національна спілка фермерів); екологічна громадська організація. Товариство фінансується агентством з охорони навколишнього середовища і регіональною компанією з водопостачання і каналізації та управляється через екологічну громадську організацію.

Спочатку визначили перелік джерел забруднення, які погіршують якість рекреаційних вод: очисні споруди стічних вод; переливи каналізаційних мереж, які погано функціонують; приватні очисні системи на місцях, такі як септики, неправильні підключення; дощовий стік з території міста; сільське господарство; птахи і собаки.

Реалізовані товариством «Turning Tides» заходи включали: зустрічі лідерів зацікавлених сторін (три рази на рік); розробку спільного плану дій; розробку планів дій для кожної ділянки, виділеної для купання; наймання спеціального менеджера по інформаційних кампаніях і комунікаціях для управління роботою товариства і забезпечення виконання дій і робочих програм; пошук інвестицій для поліпшення існуючих активів і створення нових; відкриті комунікації із зацікавленими сторонами та громадськістю. Важливого значення надавалося залученню громадськості через проведення кампанії «LOVEmyBEACH», яка була спрямована на зміну поведінки людей за допомогою цільових кампаній по боротьбі: з твердими відходами; вигулом собак на пляжі; проблемними приватними каналізаційними спорудами; пластиковим сміттям.

У 2015 р. рекреаційні води в районі узбережжя Філд на 100 % класифікувалися як такі,

що мали «добру» якість. Пляжі північно-західного узбережжя стали найчистішими і найбезпечнішими для водної рекреації за останні десятиліття в Англії. Цей район також був сертифікований програмою «Блакитний прапор» [27].

2. Директива Європейського Союзу щодо управління якістю води для купання(2006/7/ЕС)

В Європейському Союзі діє «Директива щодо управління якістю води для купання» (2006/7/ЕС) від 15 лютого 2006 р. [12].

Вода для купання – це будь-який елемент поверхневих вод, на якому очікується велика кількість людей для здійснення купання і на який не накладено постійної заборони на купання [12]. Директива встановлює вимоги до моніторингу, класифікації та управління якістю води для купання, а також надання відповідної інформації для громадськості. Вона не поширюється на плавальні басейни та басейни для спа-процедур.

Метою директиви є збереження, захист та поліпшення якості довкілля і захисту здоров'я людини в доповнення до Водної рамкової директиви 2000/60/ЕС [11]. Директива складається з чотирьох розділів.

Розділ I. Загальні положення. У першому розділі директиви 2006/7/ЕС позначено основні завдання і мета документу. Наведено основні терміни, які використовуються в документі. Частина з них – ті ж самі, що й у Водній рамковій директиві 2000/60/ЕС (поверхневі води, підземні води, внутрішні води, перехідні води, прибережні води, річковий басейн). Нижче наведено кілька характерних термінів.

Забруднення води для купання - наявність мікробіологічного забруднення або інших організмів або відходів, що впливають на якість води для купання та становлять загрозу для здоров'я людей, які відпочивають на воді.

Купальний сезон - період, протягом якого можна очікувати велику кількість людей, які відпочивають на воді.

Заходи з управління водою для купання – заходи, що передбачають: наявність паспорта місця для купання; встановлення календаря моніторингу води для купання; проведення моніторингу; оцінювання якості води; класифікацію якості води; виявлення та оцінку причин забруднення, яке може вплинути на воду для купання та погіршити здоров'я людей, які відпочивають на воді; надання інформації громадськості; вжиття заходів щодо зменшення ризику забруднення води.

Розділ II. Управління якістю води для купання. Управління якістю води для купання починається з моніторингу. В державах-членах ЄС організовується та ведеться моніторинг вод для купання в найбільш напружених точках (місця найбільшої концентрації людей, які відпочивають на воді, або ділянки можливого надходження забруднювальних речовин). Контролюється вміст кишкових ентерококів та кишкової палички, граничний вміст яких наведено у додатку I директиви 2006/7/ЕС.

Оцінювання якості води для купання відбувається за класами якості: *відмінна; добра; задовільна; погана.*

Держави-члени ЄС мали забезпечити до кінця 2015 р. принаймні «задовільну» якість води для купання. Крім того, вжити заходів з метою збільшення кількості місць для купання з водою, що класифікується як «відмінна» або «добра». Якщо вода для купання класифікується як "погана" протягом п'яти років поспіль, необхідно встановлювати постійну заборону на купання. Якщо в паспорті місця для купання (пляжу) вказано на потенціальну можливість розмноження ціанобактерій, необхідно проводити відповідний моніторинг для своєчасного виявлення ризиків для здоров'я. Якщо є ризик поширення макроводоростей або морського фітопланктону, повинні бути проведені розслідування для визначення їх прийнятності та ризиків для здоров'я,

Місця для купання (пляжі, акваторії) повинні візуально перевірятися на забруднення маслянистими залишками, склом, пластиком, гумою або будь-якими іншими відходами. Коли таке забруднення виявлено, вживаються адекватні заходи управління, включаючи, у разі необхідності, інформацію громадськості.

Розділ III. Обмін інформацією. Держави-члени ЄС заохочують участь громадськості в імplementації цієї Директиви та забезпечують надання можливостей зацікавленій громадськості у поданні пропозицій, зауважень або скарг. Це стосується, зокрема,

створення, перегляду та оновлення списків місць для купання (пляжів). Компетентні органи належним чином враховують будь-яку отриману інформацію.

Держави-члени ЄС забезпечують отримання інформації для громадськості, яка стає доступною під час купального сезону поблизу кожного місця для купання: про поточну класифікацію якості води для купання; про заборону купання. Необхідно використовувати плакати, знаки тощо. Повинні використовуватися відповідні засоби масової інформації та технології, включаючи Інтернет. Держави-члени ЄС надають Європейській комісії результати моніторингу якості води для купання, а також опис вжитих вагомих управлінських заходів.

Розділ IV. Заключні положення. Містять технічні рекомендації з імплементації положень директиви 2006/7/ЄС державами-членами.

Додатки. В додатках наведено деякі конкретні санітарно-гігієнічні мікробіологічні параметри (табл. 4, 5).

Таблиця 4. Класифікація води для купання за мікробіологічними параметрами (для внутрішніх поверхневих вод) за директивою 2006/7/ЄС [12]

Параметр	Клас якості води для купання			Методи аналізу
	Відмінна	Добра	Задовільна	
Ентерококи, КУО /100 дм ³	200*	400*	330**	ISO 7899-1 або ISO 7899-2
Кишкова паличка, КУО /100 дм ³	500*	1000*	900**	ISO 9308-3 або ISO 9308-1

Примітки. * - для 95-% проб;

** - для 90-% проб.

Таблиця 5. Класифікація води для купання за мікробіологічними параметрами (для прибережних морських та перехідних вод) за директивою 2006/7/ЄС [12]

Параметр	Клас якості води для купання			Методи аналізу
	Відмінна	Добра	Задовільна	
Ентерококи, КУО /100 дм ³	100*	200*	185**	ISO 7899-1 або ISO 7899-2
Кишкова паличка, КУО /100 дм ³	250*	500*	500**	ISO 9308-3 або ISO 9308-1

Примітки. * - для 95-% проб;

** - для 90-% проб.

Також в додатках деталізуються методичні аспекти оцінювання та класифікації води для купання (відмінна, добра, задовільна, погана), ведення моніторингу вод для купання тощо.

Висновки

1. У світі достатньо активно займаються вивченням впливу якості води на рекреаційне водокористування. Дослідження стосуються відвідування пляжів, рибалки, катання на човнах та інших видів водного спорту, мандрівок внутрішніми водними шляхами, розважальних заходів, пов'язаних з водою.

2. Якість води зі статусом «добра» збільшує привабливість всіх видів рекреаційного водокористування. Забруднення води та евтрофікація водних об'єктів може значно знизити потребу у рекреації.

3. У 2021 р. Всесвітня організація охорони здоров'я розробила «Рекомендації щодо якості рекреаційної води: Том 1. Прибережні і прісні води». В цьому документі виділяються основні мікробіологічні показники стосовно якості рекреаційної води і пляжного піску, пов'язані з: несприятливими наслідками для здоров'я людей, які відпочивають на воді (кишкові ентерококи й кишкова паличка). Приділено також увагу можливим негативним наслідкам для рекреації такого явища, як цвітіння води.

4. У рекомендаціях ВООЗ наголошується на необхідності розробки та реалізації

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 4 (62)

планів безпеки рекреаційної води (ПБРВ). ПБРВ забезпечують цілісний і практичний підхід до оцінки і управління ризиками, пов'язаними з використанням води в рекреаційних цілях.

5. В Європейському Союзі діє «Директива щодо управління якістю води для купання» (2006/7/ЕС) від 15 лютого 2006 р., яка встановлює вимоги до моніторингу, класифікації та управління якістю води для купання у водних об'єктах, а також надання громадськості відповідної інформації. Вона не поширюється на плавальні басейни.

6. Метою директиви 2006/7/ЕС є збереження, захист та поліпшення якості довкілля і захист здоров'я людей, які відпочивають на воді, в координації з положеннями Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/ЕС).

7. Згідно з директивою 2006/7/ЕС забрудненням води для купання вважається наявність мікробіологічного забруднення або інших організмів або відходів, що впливають на якість води та становлять загрозу для здоров'я людей, які відпочивають на воді.

8. Директива 2006/7/ЕС спрямована також на заохочення участі громадськості у наданні пропозицій та зауважень щодо створення, перегляду та оновлення списків місць для купання (пляжів).

9. В Україні відсутні окремі нормативні документи з оцінювання якості рекреаційної води, або ж води водних об'єктів для купання. На даному етапі це питання вирішується у складі більш загальних нормативних вимог.

Список літератури

1. Хільчевський В.К. Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014-2021 рр.) // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. 3(61). С. 6-19. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.1>

2. Aminu M., Matori A.-N., Yusof K.W., Malakahmad A., Zainol R.B. A GIS-Based Water Quality Model for Sustainable Tourism Planning of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia // Environmental Earth Sciences. 2014. 73(10). P. 6525–6537.

3. Ancaes P. Revealed preference valuation of beach and river water quality in Wales // Journal of Environmental Economics and Policy. 2021. 1-20. DOI: 10.1080/21606544.2020.1864778

4. Arnold B.F., Schiff K.C., Griffith J.F., Gruber J.S., Yau V., Wright C.C., Wade T.J. et al. Swimmer Illness Associated with Marine Water Exposure and Water Quality Indicators: Impact of Widely Used Assumptions // Epidemiology. 2013. 24(6). P. 845–853.

5. Binkley C.S., Hanemann W.M. The Recreation Benefits of Water Quality Improvement: Analysis of Day Trips in an Urban Setting. Vol. 1. Washington, U.S. Environmental Protection Agency. 1978. EPA-600/5-78-010

6. Bockstael N.E., Hanemann W.M., Kling C.L. Estimating the Value of Water Quality Improvements in a Recreational Demand Framework // Water Res. Research 1987. 23(5). P. 951–960.

7. Burger J., Staine K., Gochfeld M. Fishing in Contaminated Waters: Knowledge and Risk Perception of Hazards by Fishermen in New York City // Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues. 1993. 39 (1). P. 95–105.

8. Breen B., Curtis J., Hynes S. Water quality and recreational use of public waterways // Journal of Environmental Economics and Policy. 2018. 7(1). P. 1-15.

9. Curtis J., Stanley B. Water Quality and Recreational Angling Demand in Ireland // Journal of Outdoor Recreation and Tourism. 2016. 14. P. 27–34.

10. DeFlorio-Barker S., Arnold B.F., Sams E.A., Dufour A.P., Colford J.M., Weisberg S.B., Schiff K.C., Wade T.J. Child environmental exposures to water and sand at the beach: Findings from studies of over 68,000 subjects at 12 beaches // Journal of exposure science & environmental epidemiology. 2018/28(2). P. 93-100.

11. 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://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32000L0060>

12. Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32006L0007>

13. Dodds W.K., Bouska W.W., Eitzmann J.L., Pilger T.J., Pitts K.L., Riley A.J., Schloesser J.T., Thornbrugh D.J. Eutrophication of US Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages // Environmental Science & Technology. 2008. 43(1). P. 12–19.

14. Dorevitch S., DeFlorio-Barker S., Jones R.M., Liu L. Water Quality as a Predictor of Gastrointestinal Illness Following Incidental Contact Water Recreation // Water Research. 2015. 83. P. 94–103.

15. Dorevitch S., Panthi S., Huang Y., Li H., Michalek A.M., Pratap P., Wroblewski M., Liu L., Scheff P.A., Li A. Water Ingestion During Water Recreation // *Water Research*. 2011. 45(5). P. 2020–2028.
16. Egan K.J., Herriges J.A., Kling C.L., Downing J.A. Valuing Water Quality as a Function of Water Quality Measures. // *American Journal of Agricultural Economics*. 2009. 91(1). P. 106–123.
17. Gössling S., Peeters P., Hall C.M., Ceron J.-P., Dubois G., Lehmann L.V., Scott D. Tourism and water use: supply, demand, and security. An international review // *Tourism Management*. 2012. 33. P. 1–15.
18. Guidelines on Recreational Water Quality. Volume 1. Coastal and Fresh Waters.. Geneva: World Health Organization. 2021. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/342625>
19. Gürlük S., Rehber E. A Travel Cost Study to Estimate Recreational Value for a Bird Refuge at Lake Manyas, Turkey // *Journal of Environmental Management*. 2008. 88(4). P. 1350–1360.
20. Hanley N., Bell D., Alvarez-Farizo B. Valuing the Benefits of Coastal Water Quality Improvements Using Contingent and Real Behaviour // *Environmental and Resource Economics*. 2003. 24(3). P. 273–285.
21. Hynes S., Hanley N., Scarpa R. Effects on Welfare Measures of Alternative Means of Accounting for Preference Heterogeneity in Recreational Demand Models // *American Journal of Agricultural Economics*. 2008. 90(4). P. 1011–1027.
22. Khilchevskiy V., Karamushka V. 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
23. Lee L.-H., Lee Y.-D. The Impact of Water Quality on the Visual and Olfactory Satisfaction of Tourists. *Ocean & Coastal Management* 2015. 105. P. 92–99.
24. Lipton D. The Value of Improved Water Quality to Chesapeake Bay Boaters // *Marine Resource Economics*. 2004. 19 (2). P. 265–270.
25. Needelman M.S., Kealy M.J. Recreational Swimming Benefits of New Hampshire Lake Water Quality Policies: An Application of a Repeated Discrete Choice Model // *Agricultural and Resource Economics Review*. 1995. 24(1). P. 78–87.
26. Paudel K.P., Caffey R.H., Devkota. N. An Evaluation of Factors Affecting the Choice of Coastal Recreational Activities // *Journal of Agricultural and Applied Economics* 2011. 43(2). P. 167–179.
27. Public Health Annual Report 2015. Blackpool Council. P. 9-10. URL: <https://www.blackpooljsna.org.uk/Documents/Public-Health-Annual-Reports/Public-Health-Annual-Report-2015.pdf>
28. Wade T.J., Sams E., Brenner K.P., Haugland R., Chern E., Beach M., Wymer L. et al. Rapidly Measured Indicators of Recreational Water Quality and Swimming-Associated Illness at Marine Beaches: A Prospective Cohort Study // *Environmental Health*. 2010. 9(66). P. 1–14.

References

1. Khilchevskiy V.K. Monitoryng vod v Ukraini: metody otsiniuvannia yakosti vody dlia riznykh tsilei u zviazku zi zminamy normatyvnoi bazy (2014-2021 rr.) [Water monitoring in Ukraine: methods for assessing water quality for various purposes in connection with changes in the regulatory framework (2014-2021)] // *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 2021. 3(61). S. 6-19. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.1> [In Ukrainian].
2. Aminu M., Matori A.-N., Yusof K.W., Malakahmad A., Zainol R.B. A GIS-Based Water Quality Model for Sustainable Tourism Planning of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia // *Environmental Earth Sciences*. 2014. 73(10). P. 6525–6537.
3. Anciaes P. Revealed preference valuation of beach and river water quality in Wales // *Journal of Environmental Economics and Policy*. 2021. 1-20. DOI: 10.1080/21606544.2020.1864778
4. Arnold B.F., Schiff K.C., Griffith J.F., Gruber J.S., Yau V., Wright C.C., Wade T.J. et al. Swimmer Illness Associated with Marine Water Exposure and Water Quality Indicators: Impact of Widely Used Assumptions // *Epidemiology*. 2013. 24(6). P. 845–853.
5. Binkley C.S., Hanemann W.M. The Recreation Benefits of Water Quality Improvement: Analysis of Day Trips in an Urban Setting. Vol. 1. Washington, U.S. Environmental Protection Agency. 1978. EPA-600/5-78-010
6. Bockstael N.E., Hanemann W.M., Kling C.L. Estimating the Value of Water Quality Improvements in a Recreational Demand Framework // *Water Res. Research* 1987. 23(5). P. 951–960.
7. Burger J., Staine K., Gochfeld M. Fishing in Contaminated Waters: Knowledge and Risk Perception of Hazards by Fishermen in New York City // *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*. 1993. 39 (1). P. 95–105.
8. Breen B., Curtis J., Hynes S. Water quality and recreational use of public waterways // *Journal of Environmental Economics and Policy*. 2018. 7(1). P. 1-15.

9. Curtis J., Stanley B. Water Quality and Recreational Angling Demand in Ireland // Journal of Outdoor Recreation and Tourism. 2016. 14. P. 27–34.
10. DeFlorio-Barker S., Arnold B.F., Sams E.A., Dufour A.P., Colford J.M., Weisberg S.B., Schiff K.C., Wade T.J. Child environmental exposures to water and sand at the beach: Findings from studies of over 68,000 subjects at 12 beaches // Journal of exposure science & environmental epidemiology. 2018/28(2). P. 93-100.
11. 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://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32000L0060>
12. Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32006L0007>
13. Dodds W.K., Bouska W.W., Eitzmann J.L., Pilger T.J., Pitts K.L., Riley A.J., Schloesser J.T., Thornbrugh D.J. Eutrophication of US Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages // Environmental Science & Technology. 2008. 43(1). P. 12–19.
14. Dorevitch S., DeFlorio-Barker S., Jones R.M., Liu L. Water Quality as a Predictor of Gastrointestinal Illness Following Incidental Contact Water Recreation // Water Research. 2015. 83. P. 94–103.
15. Dorevitch S., Panthi S., Huang Y., Li H., Michalek A.M., Pratap P., Wroblewski M., Liu L., Scheff P.A., Li A. Water Ingestion During Water Recreation // Water Research. 2011. 45(5). P. 2020–2028.
16. Egan K.J., Herriges J.A., Kling C.L., Downing J.A. Valuing Water Quality as a Function of Water Quality Measures // American Journal of Agricultural Economics. 2009. 91(1). P. 106–123.
17. Gössling S., Peeters P., Hall C.M., Ceron J.-P., Dubois G., Lehmann L.V., Scott D. Tourism and water use: supply, demand, and security. An international review // Tourism Management. 2012. 33. P. 1–15.
18. Guidelines on Recreational Water Quality. Volume 1. Coastal and Fresh Waters.. Geneva: World Health Organization. 2021. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/342625>
19. Gürlük S., Rehber E. A Travel Cost Study to Estimate Recreational Value for a Bird Refuge at Lake Manyas, Turkey // Journal of Environmental Management. 2008. 88(4). P. 1350–1360.
20. Hanley N., Bell D., Alvarez-Farizo B. Valuing the Benefits of Coastal Water Quality Improvements Using Contingent and Real Behaviour // Environmental and Resource Economics. 2003. 24(3). P. 273–285.
21. Hynes S., Hanley N., Scarpa R. Effects on Welfare Measures of Alternative Means of Accounting for Preference Heterogeneity in Recreational Demand Models // American Journal of Agricultural Economics. 2008. 90(4). P. 1011–1027.
22. Khilchevskiy V., Karamushka V. 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
23. Lee L.-H., Lee Y.-D. The Impact of Water Quality on the Visual and Olfactory Satisfaction of Tourists. Ocean & Coastal Management 2015. 105. P. 92–99.
24. Lipton D. The Value of Improved Water Quality to Chesapeake Bay Boaters // Marine Resource Economics. 2004. 19 (2). P. 265–270.
25. Needelman M.S., Kealy M.J. Recreational Swimming Benefits of New Hampshire Lake Water Quality Policies: An Application of a Repeated Discrete Choice Model // Agricultural and Resource Economics Review. 1995. 24(1). P. 78–87.
26. Paudel K.P., Caffey R.H., Devkota. N. An Evaluation of Factors Affecting the Choice of Coastal Recreational Activities // Journal of Agricultural and Applied Economics 2011. 43(2). P. 167–179.
27. Public Health Annual Report 2015. Blackpool Council. P. 9-10. URL: <https://www.blackpooljsna.org.uk/Documents/Public-Health-Annual-Reports/Public-Health-Annual-Report-2015.pdf>
28. Wade T.J., Sams E., Brenner K.P., Haugland R., Chern E., Beach M., Wymer L. et al. Rapidly Measured Indicators of Recreational Water Quality and Swimming-Associated Illness at Marine Beaches: A Prospective Cohort Study // Environmental Health. 2010. 9(66). P. 1–14.

Оценка качества рекреационной водной среды: мировые тенденции, рекомендации ВОЗ, директива ЕС по воде для купания

Хильчевский В.К.

Цель данного исследования заключается в ознакомлении с современными подходами к оценке качества воды для рекреационных целей в мире и освещении основных положений рекомендаций Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по качеству рекреационной воды (2021) и директивы Европейского Союза по управлению качеством воды для купания (2006/7/EC). В мире активно занимаются изучением

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 4 (62)**

влияния качества воды на рекреационное водопользование (посещение пляжей, рыбалка, катание на лодках и другие виды водного спорта, путешествия по внутренним водным путям и т.д.). Исследования показывают, что хорошее качество воды увеличивает привлекательность всех видов рекреационного водопользования. Загрязнение воды и эвтрофикация водных объектов может значительно снизить потребность в рекреации. В 2021 г. ВОЗ разработала рекомендации по качеству рекреационной воды (прибрежные и пресные воды), в которых выделяются основные микробиологические показатели, связанные с неблагоприятными последствиями для здоровья человека - кишечные энтерококки и кишечная палочка. В рекомендациях ВОЗ подчеркивается необходимость разработки и реализации планов безопасности рекреационной воды (ПБРВ), которые обеспечивают целостный и практический подход к оценке и управлению рисками, связанными с использованием воды в рекреационных целях. В Европейском Союзе действует «Директива по управлению качеством воды для купания» (2006/7/EC) от 2006 г., которая устанавливает требования к мониторингу, классификации и управлению качеством воды для купания в водных объектах, а также предоставление общественности соответствующей информации. Директива 2006/7/EC является дополнением к Водной рамочной директиве ЕС (2000/60/EC).

Ключевые слова: качество воды, рекреационная водная среда, водные объекты, вода для купания, пляж, план безопасности рекреационной воды, рекомендации ВОЗ, директива ЕС.

Recreational aquatic environment quality assessment: global trends, WHO guidelines, EU bathing water directive

Khilchevskiy V.K.

The purpose of this study is to introduce modern approaches to assessing the quality of water for recreational purposes in the world and highlight the main provisions of the guidelines of the World Health Organization (WHO) on the quality of recreational water (2021) and the European Union directive on the management of bathing water (2006/7/EC). The world is actively studying the impact of water quality on recreational water use (visiting beaches, fishing, boating and other water sports, travel on inland waterways, etc.). Research shows that good water quality increases the attractiveness of all recreational water uses. Water pollution and eutrophication of water bodies can significantly reduce the need for recreation. In 2021, WHO developed guidelines for recreational water quality (coastal and freshwater) that highlight the main targets associated with adverse health effects - enterococci and E. coli. WHO guidance emphasizes the need to develop and implement recreational water safety plans (RWSPs) that provide a holistic and practical approach to assessing and managing the risks associated with recreational water use. The European Union has a 2006 Bathing Water Directive (2006/7/EC) that sets out the requirements for monitoring, classifying and managing bathing water quality in water bodies, and providing the public with relevant information. Directive 2006/7/EC is a supplement to the EU Water Framework Directive (2000/60/EC). According to Directive 2006/7/EC, water pollution is defined as the presence of microbiological contamination or other organisms or wastes that affect the quality of the bathing water and pose a threat to the health of bathers. Bathing water quality management starts with monitoring. In the EU Member States, bathing waters are monitored and monitored at the most stressed points (places of greatest influx of swimwear or danger of pollutants). The content of enterococci and Escherichia coli is monitored, the limit for which is given in Annex 1 of Directive 2006/7/EC. Bathing water quality is assessed by quality classes: excellent; good; satisfactory; nasty. Public participation should be encouraged in the formulation of proposals and comments for the creation, revision and updating of bathing water (beach) lists.

Keywords: water quality, recreational water environment, water bodies, bathing water, beach, recreational water safety plan, WHO guidelines, EU directive.

Надійшла до редколегії 29.10.2021

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.2>
УДК 556.013

Большот Г.В.¹, Лук'янець О.І.², Гребінь В.В.²

¹ Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка

СТРУКТУРА ЧАСОВИХ РЯДІВ РІЧНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК БАСЕЙНУ СІВЕРЬСЬКОГО ДІНЦЯ НА ОСНОВІ СТОХАСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ЙОГО БАГАТОРІЧНИХ КОЛИВАНЬ

Встановлено закономірності в багаторічній мінливості середнього річного стоку води річок басейну Сіверського Дінця, ідентифікована циклічна складова, виявлена тривалість і характер чергування циклів водності та в їх межах маловодних і багатоводних фаз, а також, використовуючи виявлені стохастичні закономірності за історичними даними, виконано передбачення стоку на найближчу перспективу.

Ключові слова: річковий басейн Сіверського Дінця, стік води, мінливість, циклічні коливання, маловодні та багатоводні фази водності, стохастичний аналіз, прогнози оцінки водності.

Вступ. Аналіз багаторічних циклічних коливань часових послідовностей річного стоку води річок з виявленням їх структури та на основі цього надання прогнозних оцінок його мінливості в майбутньому має важливе значення при обґрунтуванні стратегії управління водними ресурсами з метою забезпечення стійкого та збалансованого розвитку економіки, плануванні господарської діяльності на перспективу, екологічної безпеки територій та водних об'єктів під дією змін клімату і значному антропогенному навантаженні. *Мета представленої дослідження* – описати закономірності багаторічної мінливості річкового стоку води річок басейну Сіверського Дінця, ідентифікувати її циклічну складову (тривалість і характер чергування циклів та їх складових – маловодних і багатоводних фаз водності), використовуючи стохастичний підхід дослідження, та виконати передбачення стоку на найближчу перспективу.

Аналіз попередніх досліджень. Вивчення багаторічної мінливості річкового стоку води, в основному річних його величин, з виявленням в їх динаміці циклічних коливань є можливим з застосуванням різних стохастичних підходів. Близько 60 років тому Г. Вільямс [46] досліджував природу та причини циклічних змін гідрологічних даних світу. Він намагався співставити гідрологічні дані з активністю сонячних плям. Найбільш добре вивчені цикли, що пов'язані з опадами, температурою та мінливістю стоку - це 11-річний (22-річний) цикли Хейла і 88-річний цикл сонячної активності Глейсберга [41]. Цікаві результати щодо природи та причин циклічної мінливості були отримані І. Чарватовою та Я. Стрестик [23-25], які вивчали інерційний рух Сонця навколо барицентру Сонячної системи як основи для пошуку можливого її впливу, насамперед, на кліматичні процеси і пояснили сонячною активністю цикл ≈ 2400 років за інерційним рухом Сонця. Подібним чином Ж. Еспер у співавт. [26], С. Васильєв і В. Дергачов [44], І. Лірітціс і Р. Фейрбрідж [29] показали, що багаторічні цикли, ймовірно, походять від руху Землі в космосі. Але ці дослідження лише підкреслюють теорію залежності мінливості клімату Землі від сонячної активності.

Поряд з дослідженнями з виявлення фізичної природи циклічності кліматичних показників та річкового стоку стохастичний підхід використовується й для опису структури наявних (спостережених) часових рядів. Тут треба відмітити роботи Ю. Альохіна [1,2], який ще у 60-70 роках минулого століття застосував апарат теорії випадкових функцій для розробки екстраполяційного (динаміко-статистичного) методу наддовгострокових прогнозів середнього річного стоку ряду річок та інших природних макропроцесів. Калінін Г. та

Давидова А. [5] в книзі «Многолетние колебания стока и вероятностные методы его расчета» провели дослідження циклічних коливань стоку річок північної півкулі. Наприкінці ХХ - на початку ХХІ століть відбувся стрімкий прогрес у дослідженні гідрологічних часових рядів не тільки завдяки збільшенню тривалості спостережень на гідрологічних та метеорологічних станціях та легкому доступу до них, а й завдяки розробці стохастичних моделей для опису структури таких послідовностей (Ван Гелдер у співавт. [43]; П. Броквелл і Р.Девіс [22]; М. Лоре у співавт. [30]; А. Рао та Л. Хамед [40] та ін.). Так, користуючись значної кількістю складних історичних даних, Ж. Пробст і І. Тарді [39] вивчали коливання континентального світового стоку з початку ХХ століття і показали, що стік води північноамериканських та європейських річок характеризуються асинхронними коливаннями, тоді як південноамериканські та африканські – мають синхронні коливання. Д. Лабат у співавт. [28] зробили оцінки глобального стоку, пов'язаного із потеплінням клімату. П. Пекарова та Я.Пекар [35], досліджуючи мінливість стоку європейських річок, підтвердили гіпотезу про те, що маловодні та багатоводні фази водності не відбуваються одночасно на європейських річках, вони зміщуються на кілька років залежно від розташування басейну. Так, відставання маловодних періодів між річками Дунай та Нева становить близько 11-12 років. У численних наукових працях (Р. Бразділ і Т. Там [21]; А. Валанус і Р. Сожа [45]; М. Сусідко [17,18,31,42]; П. Пекарова та П. Мікланек [36-38]; А. Рао та Л. Хамед [40]; О. Лук'янець та Т. Камінська [8, 32]; О. Ободовський у співавт. [9,10,13,34] та ін.) виявляли різні періодичності сухих і вологих періодів в кліматичних показниках – опадах і температурі повітря та тривалості циклів водності у часових рядах стоку води – 3-5, 5-7, 19-21, 29-31 років.

Вихідні передумови та постановка завдання. Для опису ймовірнісної структури гідрологічного ряду в якості математичної моделі використовується апарат теорії випадкових процесів (функцій), яка вивчає закономірності випадкових явищ в динаміці їх розвитку. Поняття випадкової функції представляє собою узагальнене поняття випадкової величини, яка в процесі дослідження приймає одне, заздалегідь невідоме значення. Такі випадкові величини формуються, якщо комплекс умов, який породжує їх, залишається постійним. В гідрологічних дослідженнях, зазвичай, цей комплекс умов змінюється, що призводить до зміни випадкової величини в процесі дослідів. Наприклад, річковий стік води протягом одного року. Уявимо, що комплекс умов стоку змінюється в часі однаковим чином від одного року до іншого. Тоді таких реалізацій випадкової функції може бути достатньо багато. Сукупність цих реалізацій й утворює випадкову функцію [4,15]. Більшість гідрологічних процесів є процесами з безперервними станами і безперервним часом. Наприклад, витрата води може змінюватися в будь-який момент часу і приймати будь-які значення з деякого інтервалу, межі якого залежать від розмірів річки і кліматичних особливостей регіону. При цьому треба враховувати, що на практиці витрати води осереднюють за деякий інтервал часу (рік, теплий і холодний періоди, місяць, добу тощо). Вводячи крок дискретності за часом, замінюємо процес з безперервним часом на процес з дискретним часом. При цьому процес залишається безперервним за станами. Таким чином, при дослідженні гідрологічних процесів найчастіше використовується модель випадкового процесу з дискретним часом і безперервними станами [7,16].

Зміна будь-якої гідрологічної величини в певному створі річки у рамках ймовірнісної концепції - випадковий процес, що безупинно змінюється в часі. Саме це обумовлює можливість і ефективність застосування апарату математичної статистики та теорії ймовірностей, теорії випадкових величин і функцій для аналізу багаторічної мінливості стоку води річок у вигляді циклічних коливань. Циклічність (цикл), як явище, визначається, переважним чином, через поняття кругообігу й повторення, що відстежуються в динаміці. Найпоширенішим є трактування циклічності (циклічних коливань) як мінливості, чергування, періодичності величин часових рядів, що мають різну ступінь регулярності і проявляються в динамічних процесах у періоді коливань. А період коливань – це проміжок часу, через який система повертається у вихідний стан. Подібність та стабільність процесу повторів проходження певних станів дає можливість стверджувати про циклічність розвитку досліджуваних величин. Дослідження циклічності як процесу потребує вивчення структури циклу та його стадій (або фаз).

При цьому треба зазначити, що найбільшого успіху у вивченні часової мінливості рядів річного стоку води річок та описанні її структури можна досягти, якщо розглядати 1) тривалі часові ряди гідрологічних величин та 2) стік води з великих басейнів, на котрі не здійснюють помітного впливу випадкові фактори і місцеві умови.

Вихідні дані та методи дослідження. Для виявлення у структурі часових рядів річного стоку води річок басейну Сіверського Дінця циклічної складової необхідно, враховуючи вищезазначене, мати гідрологічний пост, який замикає великий за площею річковий басейн і має тривалі неперервні спостереження за стоком води. Єдиним гідрологічним постом, що відповідає таким умовам є пост на р. Сіверський Донець біля м. Лисичанськ – площа водозбору становить 52400 км² і початок спостережень за стоком води з 1892 р. Але оцінка даних показала, що ряд за річним стоком води р. Сіверський Донець біля м. Лисичанськ досить переривчастий (табл.1, рис. 1).

Таблиця 1. Опис досліджуваних гідрологічних постів

Річка - пост	р. Десна - м. Чернігів	р. Сула - м. Лубни	р. Псел - с. Запсілля	р. Ворскла - м. Кобеляки	р. Південний. Буг - смт Олександрівка	р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ	р. Бахмут - м. Сіверськ	р. Айдар - с. Новоселівка
Площа водозбору, км ²	81400	14200	21800	13500	46200	52400	1560	6370
Період спостережень	1895-2019	1936-1940 1942-2019	1928-1940 1950-2019	1966-2019	1914-2019	1892-1908 1926-1929 1932-1941 1944-2014 2017-2019	1959-2019	1950-2019
Відновлені дані	-	-	1942-1949	-	-	2015, 2016	-	-



Рис.1. Карто-схема розташування досліджуваних річкових басейнів та гідрологічних постів

Аналіз стокових даних «басейнів-сусідів» щодо басейну Сіверського Дінця вказав, що найдовші ряди неперервних спостережень має гідрологічний пост на р. Десна біля м. Чернігів – з 1895 р. (по 2019 р. тривалість спостережень 126 років) (табл.1), площа водозбірного басейну складає 81400 км², а отже можемо розглядати цей басейн як базовий (аналоговий) для проведення розрахунків і визначення закономірностей багаторічної мінливості стоку води річок басейну Сіверського Дінця, якщо буде доведена між басейном р. Десни та досліджуваним басейном просторова та часова узгодженість в ході коливань річного стоку води. Тому для проведення дослідження використано дані з восьми гідрологічних постів: р. Десна - м. Чернігів, проміжних річкових басейнів – р. Сула - м. Лубни, р. Псел - с. Запсілля, р. Ворскла - м. Кобеляки, в межах досліджуваного басейну – р. Сіверський Донець - м. Лисичанськ, р. Бахмут - м. Сіверськ, р. Айдар - с. Новоселівка, а також р. Південний Буг - смт Олександрівка (рис.1).

Щодо методів дослідження, то його першим етапом в представленій роботі – це проведення перевірки вихідних стокових даних на однорідність для впевненості в тому, що ряди сформовані з якісно однорідних і незалежних елементів та подальші статистичні узагальнення є достовірними.

Для виявлення просторової та часової узгодженості в мінливості річного стоку води на досліджуваній території проведено встановлення його синхронності (чи асинхронності). Для підтвердження просторової узгодженості річного стоку води досліджуваних річок визначена кореляційна матриця між часовими послідовностями стоку води сусідніх басейнів. Хронологічний збіг стоку води річок в межах певної території за окремі роки визначає їх синхронність [33]. Для отримання узагальненої характеристики багаторічної мінливості водності досліджуваних річок побудовано хронологічні графіки зміни модульних коефіцієнтів, проведено згладжування (форма статистичної фільтрації) вихідних рядів, застосовувано графічний аналіз різницевої інтегральних кривих, за яким можна виділити періоди підвищеного та пониженого стоку води річок, синхронність їх чергування, але без прив'язки до певних календарних років.

Різницевої інтегральні криві є поширеним способом для виявлення багаторічної мінливості характеристик річкового стоку води – тенденцій до групування років з відносно великими та малими їх значеннями, які розраховуються за формулою:

$$S_t = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(k_i - 1)}{C_V}, \quad (1)$$

де k_i -модульний коефіцієнт значень характеристик річкового стоку води, який дорівнює відношенню Q_i/\bar{Q} , при цьому \bar{Q} – середнє арифметичне всього ряду $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, C_V – коефіцієнт варіації членів досліджуваного ряду, S_t – ординати різницевої інтегральної кривої характеристик річкового стоку води [10-12,20].

Для опису (конструювання) структури багаторічної мінливості річного водного стоку у вигляді циклічних коливань застосовано автокореляційний та спектральний аналізи для р. Десни – м. Чернігів, який має найдовший період спостереження за річним стоком.

Автокореляційна функція $R(t, \tau)$ характеризує тісноту зв'язку між членами часової послідовності витрат води $Q(t)$ і являє собою послідовність коефіцієнтів лінійної кореляції, розрахованих із різними відстанями (зсувами) між перерізами по осі часу [4,6,14,15,19,20]. Ординати кореляційної та автокореляційної функція $R_Q(\tau)$ випадкового процесу оцінюється за формулами:

$$k_Q(\tau) = \frac{1}{n - \tau - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n-\tau} (Q_i - \bar{Q}) \cdot (Q_{i+\tau} - \bar{Q}), \quad (2)$$

$$R_Q(\tau) = \frac{k_Q(\tau)}{D_Q}, \quad (3)$$

де n довжина реалізації, τ – зсув між перерізами, \bar{Q} та D_Q – оцінка математичного очікування та дисперсії досліджуваної реалізації.

Враховуючи специфіку рядів стоку води, в практиці гідрологічних розрахунків значенням зсуву τ дають наступне обмеження [16]: $\tau_m = (1/3-4) \cdot n$.

Статистичну значущість визначених ординат функції $R(t, \tau)$ встановлюється за довірчими межами ($DM_{R(\tau)}$) 95% ймовірності перевищення:

$$DM_{R(\tau),95\%} = \frac{-1 \pm 1,64 \cdot (n - \tau - 2)^{0,5}}{n - \tau - 1} \quad (4)$$

Для вивчення періодичних властивостей випадкових процесів використовується спектральна функція. Основною статистичною характеристикою спектрального аналізу є його спектральна щільність.

Метод спектрального аналізу стаціонарних випадкових функцій дозволяє розкласти дисперсію функції $x(t)$ на її компоненти за різними круговими частотами $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Таким чином описується вклад окремих коливань з різними періодами у спільну мінливість елементів даного процесу у вигляді графіка спектральної площини $S_x(\omega)$ дисперсії. Для отримання спектральної функції $S_x(\omega)$ використовується зв'язок між спектром частот випадкової і автокореляційної функції, яка описує даний процес. $S_x(\omega)$ виражається через $R_x(\tau)$ за допомогою косинус-перетворювача Фур'є. Якщо ми використовуємо нормовану за дисперсією автокореляційну функцію, то в результаті перетворення отримуємо нормовану функцію:

$$S_x(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} R_x(\tau) \cos \omega \tau d\tau \quad (5)$$

При цьому площа на спектрограмі, відокремлена кривою $S_x(\omega)$ і віссю абсцис, буде дорівнювати одиниці $\int_0^{\infty} S_x(\omega) d\omega = 1$.

Статистична значущість результатів спектрального аналізу оцінювалась шляхом порівняння отриманої величини спектра $S_x(\omega)$ з рівнями 95 і 99%-ї забезпеченості середнього рівня, прийнятими за довірчі межі $DM_{S(\omega)}$, вважаючи, що оцінки середнього рівня спектра повинні розподілятися відповідно χ^2 -квадрат-розподілу, яке ділиться на число ступенів вільності, тобто χ^2/ν . Тут

$$\nu = 2n / \tau_m - 0,5 \quad (6)$$

де N – об'єм вибірки; τ_m – максимальний зсув кореляційної функції.

Значення співвідношень $\chi^2_{95\%} / \nu$ і $\chi^2_{99\%} / \nu$ можна отримати за таблицями Холда. Середній 50%-вий рівень $\chi^2_{50\%}(\omega)$ - це середня величина всіх спектральних оцінок в інтервалі автокореляційної функції ряду від 1 до m .

І далі,

$$95\% DM_{S(\omega)} = S_{x_{50\%}}(\omega) \frac{\chi^2_{95\%}}{\nu} \quad \text{і} \quad 99\% DM_{S(\omega)} = S_{x_{50\%}}(\omega) \frac{\chi^2_{99\%}}{\nu} \quad (7)$$

Розраховане при тій чи іншій частоті значення $S_x(\omega)$ вважається достовірним, якщо воно перевищує прийняті $DM_{S(\omega)}$, а це свідчить про існування виявленої в цьому інтервалі частоти циклічності [8].

За допомогою критерію серій перевіряють статистичну достовірність існування фаз підвищеної та пониженої водності [6,15,16,20]. Серія – будь-яка ділянка послідовності n , що складається з елементів одного й того ж роду. До серій з елементів n_1 відносяться члени послідовності, значення яких перевищують вибіркоче середнє a , а до серії з елементів n_2 - значення яких менше його. Значення утворюють серію підвищених значень, якщо: $x_{t-1} < a$; $x_t \geq a$; ...; $x_{t+k} \geq a$; $x_{t+k+1} < a$. Серії понижених значень виявляється аналогічно. Визначивши

сумарне значення кількості серій u , що складаються з кількостей підвищених u_1 і понижених серій u_2 , обчислюється статистика критерію:

$$t_u = \frac{u + 0,5 - m_u}{\sqrt{D_u}} \quad (8)$$

з параметрами

$$m_u = \frac{2n_1 \cdot n_2}{n} + 1 \quad \text{і} \quad D_u = \frac{2n_1 \cdot n_2 (2n_1 \cdot n_2 - n)}{n^2 (n - 1)}. \quad (9)$$

Критерій серій приймає основну гіпотезу, якщо $|t_u| \leq t(\alpha/2)$, де $t(\alpha/2)$ – квантиль нормального розподілу, яка відповідає ймовірності перевищення $\alpha/2$. Зокрема, $t(\alpha/2) = 2,58$ при рівні значимості $\alpha = 1\%$, $t(\alpha/2) = 1,96$ при $\alpha = 5\%$ і $t(\alpha/2) = 1,64$ при $\alpha = 10\%$.

В якості тестової статистики тривалості підвищених або понижених угруповань років використовується статистика найбільшої довжини серій K [40]. Для випадкових незалежних сукупностей аналітичне значення статистики тривалості підвищених або понижених угруповань років K_α виражається формулою:

$$K_\alpha = \frac{\lg[-(n/\ln(1-\alpha))]}{\lg 2} - 1, \quad (10)$$

де α – ймовірність (у частках від 1), з якою у вибірці об'ємом в n членів можна зустріти серію з елементів підвищених або понижених угруповань довжиною K й більше.

Результати дослідження. Перевірка на часову однорідність середнього річного стоку води досліджуваних річок проведено за стандартними параметричними критеріями Стьюдента (для перевірки значущості середніх значень) – статистика t і Фішера (для перевірки відношення дисперсій) – статистика F при рівні значимості $2\alpha=5\%$ (табл.2).

У результаті перевірки гіпотези про однорідність послідовностей річних витрат води для більшості досліджуваних річок за значущістю норм та за відношенням дисперсій не спростовуються. Проте, для річок Ворскла та Сіверський Донець виявлено неоднорідність ряду за критерієм Фішера (табл.2). Хоча, якщо взяти рівень значимості $2\alpha=1\%$ (який є прийнятним в гідрологічних розрахунках), то підтверджується однорідність річних витрат води для р. Ворскла - м. Кобеляки (аналітичне значення статистика $F_\alpha = 2,78$), а для р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ ряди залишилися неоднорідними - аналітичне значення статистики $F_\alpha = 2,52$ при $2\alpha=1\%$ не перевищило розрахункове.

Таблиця 2. Результати перевірки на однорідність рядів середнього річного стоку води досліджуваних річок

Річка - пост	р. Десна - м. Чернігів	р. Сула - м. Лубни	р. Псел - с. Запсілля	р. Ворскла - м. Кобеляки	р. Південний. Буг - смт Олександрівка	р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ	р. Бахмут - м. Сіверськ	р. Айдар - с. Новоселівка
Кількість членів ряду	n1=62, n2=63	n1=39, n2=39	n1=35, n2=35	n1=27, n2=27	n1=53, n2=53	n1=35, n2=36	n1=30, n2=31	n1=35, n2=35
Статистика критерію Фішера	F=1,52	F=1,67	F=2,01	F=2,77	F=1,03	F=2,98	F=1,41	F=1,48
	F $_\alpha$ =1,72	F $_\alpha$ =2,00	F $_\alpha$ =2,08	F $_\alpha$ =2,23	F $_\alpha$ =1,77	F $_\alpha$ =2,06	F $_\alpha$ =2,16	F $_\alpha$ =2,08
статистика t критерію Стьюдента	t=1,06	t=1,41	t=1,42	t=1,70	t=0,42	t=0,86	t=0,48	t=0,51
	t $_\alpha$ =1,98	t $_\alpha$ =1,99	t $_\alpha$ =2,00	t $_\alpha$ =2,01	t $_\alpha$ =1,98	t $_\alpha$ =2,00	t $_\alpha$ =2,01	t $_\alpha$ =2,00

Примітка: F та t – розраховані значення статистик за рядами спостережень, F $_\alpha$ та t $_\alpha$ аналітичні значення статистик.

За виключенням вказаних у таблиці гідрологічних постів перевірка на однорідність також була виконана для р. Сіверський Донець – м. Ізюм, р. Сіверський Донець – м. Зміїв та р. Оскіл – м. Куп'янськ. Перевірка показала неоднорідність часового ходу досліджуваних рядів спостережень за критерієм Фішера. Перевірка вибірок при рівні значимості $2\alpha=1\%$ виявила, що гіпотеза про однорідність послідовності річних витрат води р. Оскіл – м. Куп'янськ за значущістю норм та за відношенням дисперсій не спростовуються.

Для кращого розуміння просторово-часової узгодженості у багаторічній мінливості водності досліджуваних річок та отримання узагальненої характеристики такої мінливості зроблено стандартне перетворення величин стоку води, тобто їх нормування – розраховано модульні коефіцієнти та побудовано графік їх одночасних та суміжних у просторовому відношенні змін (рис.2), проведено згладжування (фільтрація) часових рядів річного стоку води з інтервалом осереднення 7 років (рис. 3), побудовано різницеві інтегральні криві (рис.4) [27] та розрахована просторова кореляційна матриця середнього річного стоку води досліджуваних річок за весь період спостережень (табл.3).

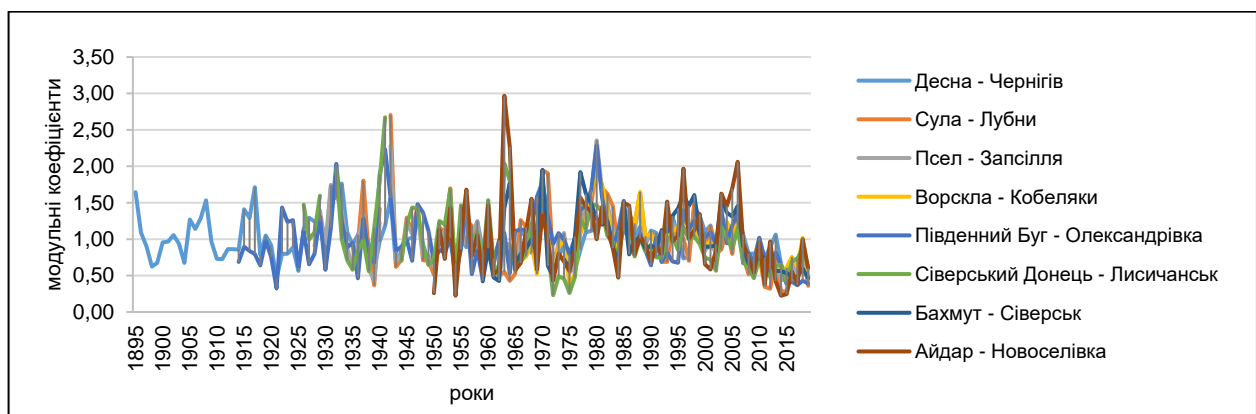


Рис.2 Багаторічна динаміка модульних коефіцієнтів середнього річного стоку води досліджуваних річок

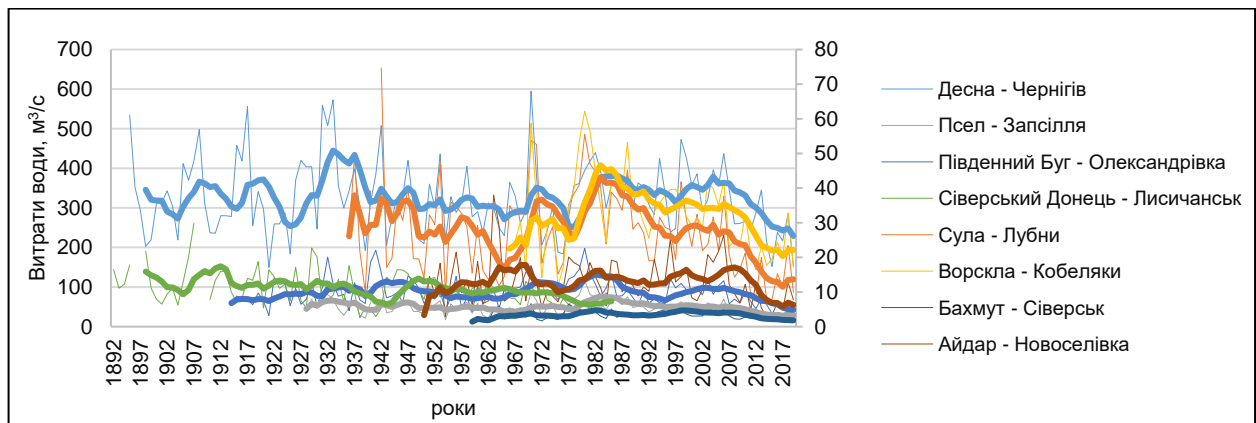


Рис.3 Згладжування (лінійна фільтрація) за 7-річними періодами рядів середньорічних витрат води для досліджуваних річок

З наведених розрахунків (рис. 2-4, табл. 3) можемо зробити висновок, що в межах досліджуваної території мінливість річного стоку води річок має певні загальні закономірності, що відмічаються у присутності узгодженості в коливаннях стоку. Отже, це дає підстави для проведення подальших розрахунків зі з'ясування структури часових рядів середнього річного стоку води р. Десна - м. Чернігів, обравши цей гідрологічний пост як базовий (аналоговий). На основі отриманих результатів застосувати часові інтервали виділених циклів та фаз водності по р. Десна для річок басейну Сіверського Дінця та надати прогнозні оцінки змін водності до середини поточного століття.

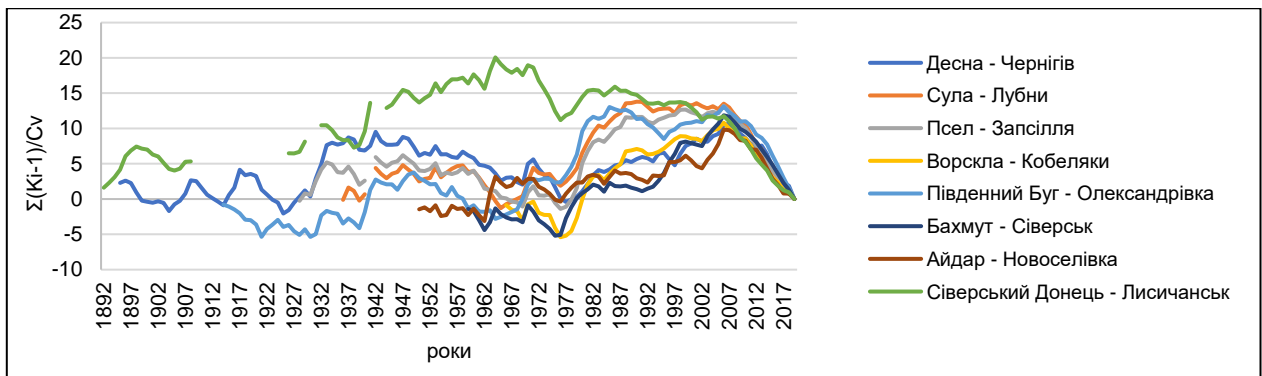


Рис.4 Суміщені різницеві інтегральні криві середньорічних витрат води для досліджуваних річок

Таблиця 3. Просторова кореляційна матриця середнього річного стоку води досліджуваних річок

Річка - пост	р. Десна - м. Чернігів	р. Сула - м. Лубни	р. Псел - с. Запсілля	р. Ворскла - м. Кобеляки	р. Південний. Буг - смт Олександрівка	р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ	р. Бахмут - м. Сіверськ	р. Айдар - с. Новоселівка
р. Десна - м. Чернігів	1	0,81	0,77	0,70	0,45	0,51	0,51	0,36
р. Сула - м. Лубни	0,81	1	0,91	0,80	0,68	0,56	0,50	0,50
р. Псел - с. Запсілля	0,74	0,91	1	0,94	0,70	0,69	0,65	0,50
р. Ворскла - м. Кобеляки	0,70	0,80	0,94	1	0,67	0,87	0,70	0,63
р. Південний. Буг – смт Олександрівка	0,45	0,68	0,70	0,67	1	0,43	0,57	0,44
р. Сіверський. Донець – м. Лисичанськ	0,51	0,56	0,69	0,87	0,43	1	0,74	0,79
р. Бахмут - м. Сіверськ	0,51	0,50	0,65	0,70	0,57	0,74	1	0,75
р. Айдар - с. Новоселівка	0,36	0,37	0,50	0,63	0,44	0,79	0,75	1

Для виявлення тривалості циклів у багаторічній мінливості середньорічного стоку р. Десна застосовано автокореляційний та спектральний аналізи.

На рис. 5 показана автокореляційна функція середнього річного стоку води р. Десна – м. Чернігів. Рамки значень часового зсуву, враховуючи довжину реалізації середньорічних витрат води Десни (126 років), прийнято від 2 до 40 років.

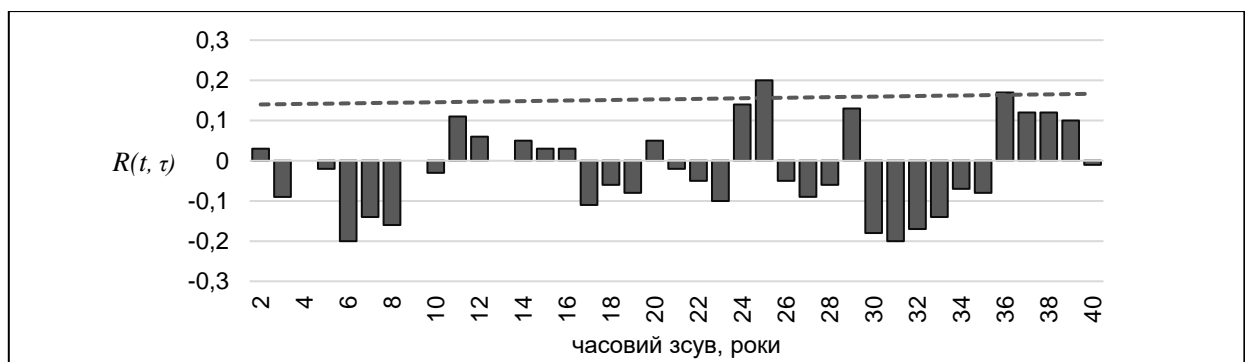
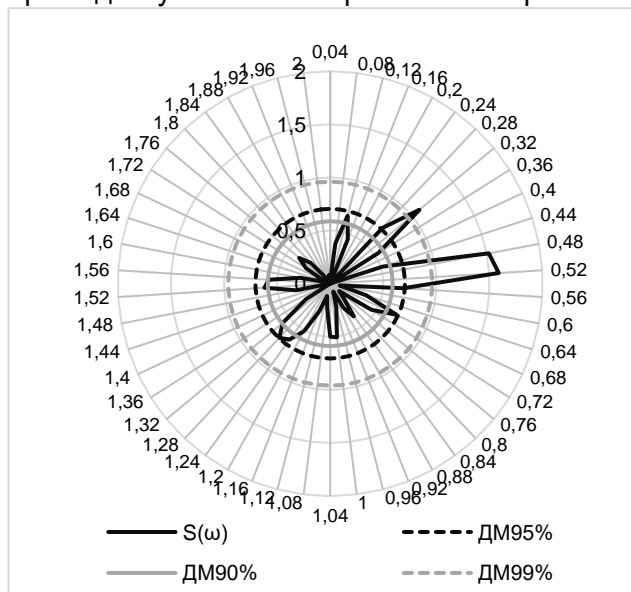


Рис.5. Автокореляційна функція середнього річного стоку води р. Десна – м. Чернігів зі зсувом від 2 до 40 років (пунктиром - довірчі межі ($DMR(\tau)$) 95% ймовірності перевищення)

Аналізуючи автокорелограму, можна відмітити особливості в її структурі. Додатні ординати автокореляційної функції, що перевищують довірчі межі, визначають тривалість переважаючого циклу водності річок з 95% ймовірністю. Як бачимо з рис.5, прослідковується багаторазова повторюваність у вигляді 25-річного та 36-річного циклів.



На рис. 6 представлена функція спектральної щільності (з частотою $\omega = 0,04$) середнього річного стоку води р. Десна – м. Чернігів. Аналізуючи її, бачимо, що з імовірністю 95% переважають спектральні щільності 0,46-0,56 та 0,26-0,34, що відповідає циклічності 11-14 та 19-24 років.

Рис.6. Функція спектральної щільності (з частотою $\omega = 0,04$) середнього річного стоку води р. Десна – м. Чернігів

Після встановлення тривалості циклу для р. Десни перевірено статистичну достовірність існування фаз підвищеного та пониженого стоку води у циклі водності за допомогою критерію серій. Розрахована статистика критерію, яка отримана за наявними рядами спостережень за річним стоком води на р. Десна, потрапляє в довірчий інтервал при рівні значущості $\alpha = 1\%$, а з цього можна зробити висновок, що гіпотеза про ймовірнісну структуру гідрологічних рядів, що відповідає моделі випадкової величини, не спростовується та існує статистично достовірні тенденції до утворення угруповань (серій) підвищених і понижених значень з прив'язкою до конкретних років з виділенням фаз водності. Для визначення тривалості угруповань підвищених або понижених років водності використана статистика критерію найбільшої довжини серій. Встановлено, що періоди маловодних років можуть скласти 9 ± 2 роки. Знаючи тривалість циклів, були виділені фази водності (багатоводні та маловодні) з прив'язкою до конкретних років. Базуючись на всебічному аналізі минулого можна зробити прогностичні оцінки на майбутнє. Для цього розраховано осереднені витрати води $Q_{сер.}$ в багатоводну та у маловодну фазу, стандартне (σ) та ймовірне відхилення ($\delta = \pm 0,674 \sigma$) витрат води у фази водності, також середню тривалість фаз (T) та стандарт відхилення їх тривалості. Результати проведеного аналізу та прогностичні оцінки стоку води р. Десна – м. Чернігів представлено на рис. 7. та в табл. 4.

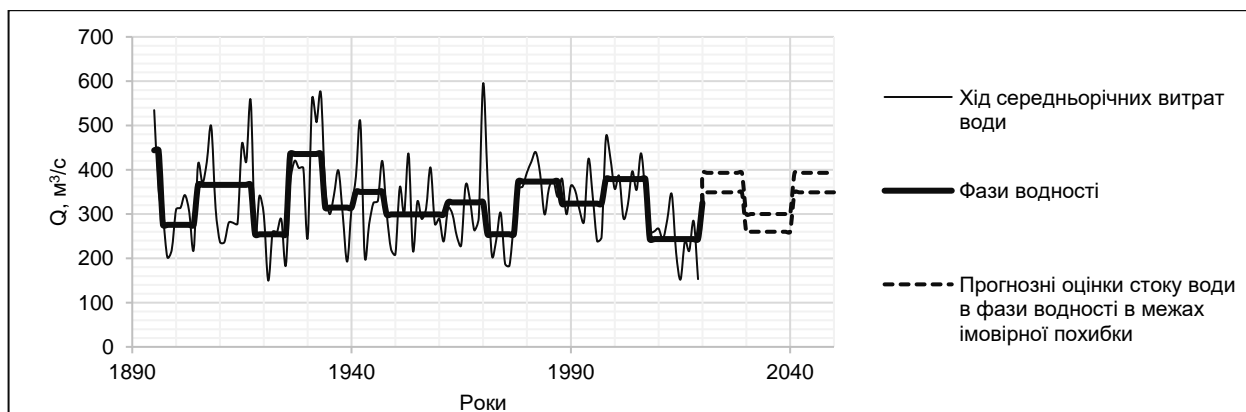


Рис.7. Середній річний стік води у фази водності р. Десна – м. Чернігів та його прогностичні оцінки

Таблиця 4. Середній стік води у фази водності, їх тривалість за даними спостережень р. Десна – м. Чернігів та прогнозні оцінки водності до середини поточного століття за стохастичними закономірностями у мінливості середнього річного стоку

Періоди та фази водності		Середня витрата води у фази водності	Тривалість фаз водності
		$Q_{сер}, м^3/с$	$T, роки$
За даними спостережень			
1897-1904	маловодна	276	8
1905-1917	багатоводна	366	13
1918-1925	маловодна	254	8
1926-1933	багатоводна	435	8
1934-1940	маловодна	315	7
1941-1947	багатоводна	350	8
1948-1961	маловодна	299	13
1962-1970	багатоводна	326	9
1971-1977	маловодна	254	7
1978-1987	багатоводна	373	11
1988-1997	маловодна	324	9
1998-2007	багатоводна	379	10
2008-2019	маловодна	243	12
Середня багаторічна витрата води, $м^3/с$	у багатоводну фазу	372	
	у маловодну фазу	281	
Стандартне відхилення витрат води, $м^3/с$	у багаторічну фазу, $\sigma_{б-Q}$	33	
	у маловодну фазу, $\sigma_{м-Q}$	30	
Ймовірне відхилення витрат води, $м^3/с$	у багаторічну фазу, $\delta_{б-Q}$	22	
	у маловодну фазу, $\delta_{м-Q}$	20	
Середня тривалість	багатоводної фази, $T_{б}$		10
	маловодної фази, $T_{м}$		9
Середнє квадратичне відхилення тривалості	багатоводної фази, $\sigma_{б-T}$		± 2
	маловодної фази, $\sigma_{м-T}$		± 2
Прогнозні оцінки			
2020 \pm 2 - 2029 \pm 2 рр.	багатоводна	372 \pm 22	10 \pm 2
2030 \pm 2 - 2038 \pm 2 рр.	маловодна	281 \pm 20	9 \pm 2
2039 \pm 2 - 2048 \pm 2 рр.	багатоводна	372 \pm 22	10 \pm 2

Наскільки виявлені стохастичні закономірності коливань стоку води р. Десна – м. Чернігів проявляються у мінливості стоку інших досліджуваних річок (рр. Сула, Псел, Ворскла, Південний Буг, Сіверський. Донець, Бахмут, Айдар) подано в табл. 5.

Аналізуючи норми річних витрат води та їх величини в фази водності (табл. 5) бачимо, що стік в багатоводну фазу для річок Сула, Псел, Ворскла, Південний Буг, Сіверський Донець, Бахмут, Айдар вище в середньому на 16-17% від норми, а в маловодну нижче в середньому на 13-14% від норми, тобто середня різниця у фазах водності річок складає $\approx 30\%$. Це свідчить про те, що виявлені стохастичні закономірності коливань стоку води р. Десна – м. Чернігів дуже добре описують мінливість стоку для групи досліджуваних річок.

Основне завдання представленого дослідження – опис структури часових послідовностей річного стоку води річок басейну Сіверського Дінця на основі стохастичного аналізу його багаторічних коливань та передбачення стоку на найближчу перспективу.

Отже, базуючись на результатах стохастичного аналізу мінливості річного стоку води для прийнятого нами базового гідрологічного поста р. Десна – м. Чернігів вдалося ідентифікувати циклічну складову для річок басейну Сіверського Дінця.

Таблиця 5. Середній стік води у фази водності досліджуваних річок за даними спостережень

Фаза водності		Річка - пост						
		р. Сула - м. Лубни	р. Псел - с. Запсілля	р. Ворскла - м. Кобеляки	р. Південний. Буг – смт Олександрівка	р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ	р. Бахмут - м. Сіверськ	р. Айдар - с. Новоселівка
		Площа водозбору, км ²						
		14200	21800	13500	46200	52400	1560	6370
		Середня витрата води у фази водності, Qсер., м ³ /с						
1897-1904	маловодна					88,5		
1905-1917	багатоводна				69,6	108		
1918-1925	маловодна				78,3			
1926-1933	багатоводна		66,1		96,1	132		
1934-1940	маловодна	29,4	42,6		85,6	92,7		
1941-1947	багатоводна	36,4	61,1		108	145		
1948-1961	маловодна	26,0	45,2		76,1	102	2,01	11,6
1962-1970	багатоводна	26,8	45,4	30,6	101	107	3,67	16,6
1971-1977	маловодна	27,6	44,2	25,0	92,8	56,8	3,00	10,8
1978-1987	багатоводна	40,0	71,1	43,8	117	112	3,97	14,7
1988-1997	маловодна	27,6	52,9	36,3	77,7	91,0	3,98	13,9
1998-2007	багатоводна	28,6	50,7	34,0	94,6	86,8	4,07	15,8
2008-2019	маловодна	13,9	29,9	22,8	52,0	60,6	2,04	7,48
Норма річних витрат води за період спостережень		27,6	49,7	32,3	86,5	97,7	3,4	12,8
Середня витрата води в багатоводну фазу, м ³ /с		33,0	58,9	36,1	97,7	115	3,9	15,7
Середня витрата води в маловодну фазу, м ³ /с		24,9	43,0	28,0	77,1	81,9	2,76	10,9

Використовуючи отримані параметри по р. Десна, а саме тривалість і характер чергування циклів та їх складових – маловодних і багатоводних фаз водності, надано прогнозні оцінки змін водності до середини поточного століття для річок басейну Сіверського Дінця: р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ (площа водозбору 52400 км²), р. Бахмут - м. Сіверськ (1560 км²), р. Айдар - с. Новоселівка (6370 км²) (табл. 6).

Найбільш показовим щодо прогнозних оцінок водності в досліджуваному басейні є р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ, який має велику площу водозбору. Хоча мінливість водності на р. Бахмут - м. Сіверськ та р. Айдар - с. Новоселівка підтверджують закономірності коливальності стоку в великому басейні.

Висновки. В ході проведеного дослідження встановлено закономірності в багаторічній мінливості середнього річного стоку води річок басейну Сіверського Дінця, ідентифікована циклічна складову, виявлена тривалість і характер чергування циклів водності та в їх межах маловодних і багатоводних фаз, а також, використовуючи виявлені стохастичні закономірності за історичними даними, виконано передбачення стоку на найближчу перспективу.

Таблиця 6. Середній стік води у фази водності та прогнольні оцінки середнього річного стоку до середини поточного століття на річках басейну Сіверського Дінця

Характеристики	Річка - пост								
	р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ			р.Бахмут - м.Сіверськ			р.Айдар - с.Новоселівка		
	Середня витрата води	Стандартне відхилення	Ймовірне відхилення	Середня витрата води	Стандартне відхилення	Ймовірне відхилення	Середня витрата води	Стандартне відхилення	Ймовірне відхилення
	$Q_{сер}$	σ_Q	δ_Q	$Q_{сер}$	σ_Q	δ_Q	$Q_{сер}$	σ_Q	δ_Q
	м ³ /с								
Стік води у багатоводну фазу	115	19,0	12,8	3,90	0,17	0,11	15,7	0,78	0,53
Стік води у маловодну фазу	81,9	17,0	11,5	2,76	0,81	0,55	10,9	2,30	1,55
Межі мінливості стоку води з врахуванням імовірної похибки	в багатоводну фазу	128		4,02			16,2		
		102		3,79			15,2		
	в маловодну фазу	93,4		3,30			12,5		
		70,5		2,21			10,9		
Прогнольні оцінки									
2020±2 - 2029±2 рр.	багатоводна	115±13		3,9±0,11			15,7±0,53		
2030±2 - 2038±2 рр.	маловодна	81,9±11		2,76±0,55			10,9±1,55		
2039±2 - 2048±2 рр.	багатоводна	115±13		3,9±0,11			15,7±0,53		

Спільний автокореляційний та спектральний аналіз дозволить виділити для річок басейну Сіверського Дінця взаємо підтверджений цикл тривалістю 19-24 роки. За критерієм серій встановлено, що періоди маловодних років можуть скласти 9 ± 2 років. Знаючи тривалість циклів, були виділені фази водності (багатоводні та маловодні) з прив'язкою до конкретних років. В результаті для річок басейну Сіверського Дінця (проаналізовано річний стік р. Сіверський. Донець - м. Лисичанськ, р. Бахмут - м. Сіверськ, р. Айдар - с. Новоселівка) отримали, що стік води в багатоводну фазу перевищує норму в середньому на 18%, а стік води в маловодну фазу нижче в середньому на 17% від норми, тобто різниця у фазах водності річок складає $\approx 35\%$.

Прогнольні оцінки показали, що до 2020±2 р. на річках басейну буде спостерігатись маловодна фаза водності, яка почалася у 2008 р. З 2020±2 по 2029±2 рр. передбачається багатоводна фаза, потім в період 2030±2 - 2038±2 рр. – маловодна. У період з 2039±2 по 2048±2 слід очікувати підвищення водності на річках басейну Сіверського Дінця.

Список літератури

1. Алехин Ю. М. Множественное линейное экстраполирование макропроцесов (динамико-статистический метод прогнозирования). Труды ЛГМИ. 1968. Вып. 28, С. 46-59.
2. Алехин Ю. М. Статистические прогнозы в геофизике. Ленинград, 1963. 86 с.
3. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Ленинград, 1979. 433 с.
4. Кайсл Ч. Анализ временных рядов гидрологических данных. Ленинград, 1972. 138 с.
5. Калинин Г. П., Давыдова А.И. Исследование циклических колебаний стока рек северного полушария. В кн.: Многолетние колебания стока и вероятностные методы его расчета. Изд. МГУ, 1967. С. 35-44.
6. Картвелишвили Н. А. Стохастическая гидрология. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 162 с.
7. Кушлик-Дивульська О.І., Поліщук Н.В., Орел Б.П., Штабальук П.І. Теорія ймовірностей та математична статистика. К.: НТУУ «КПІ», 2010. 136 с.
8. 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. 2015. Вип. 744–745: Географія. С. 18-24.

9. О.І. Лук'янець, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь, О.О. Почаєвець, В.О. Корнієнко Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. Укр. геогр. Журнал. 2021. N1, С. 06-14.
10. Ободовський О. Г., Данько К. Ю., Почаєвець О.О. та ін. Гідроекологічна оцінка енергетичного потенціалу річок басейну Дніпра (в межах України) в умовах змін клімату. Заключний звіт, № 01116U004827, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2017. 291 с.
11. Ободовський О. Г., Розлач З. В., Онищук В. В. та ін. Гідроекологічна оцінка і прогноз енергетичного потенціалу річок Українських Карпат. Звіт про НДР, № 01114U003482, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2015. 224 с.
12. Ободовський О. Г., Сніжко С. І., Гребінь В.В. та ін. Гідроекологічна оцінка енергетичного потенціалу річок України в умовах кліматичних змін. Звіт про НДР, № 01118U001098, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2018. 194 с.
13. Ободовський О., Лук'янець О., Москаленко С. & Корнієнко В. Узагальнення середнього річного стоку води річок відповідно до гідрографічного районування України. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія». 2019. №51, С. 158-170.
14. Раткович Д.Я. Многолетние колебания речного стока. Л.: Гидрометеиздат, 1976. С. 10-111.
15. Рождественский А.В., Чеботаев А. И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1974. С. 356-415.
16. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации: учебник. СПб.: изд. РГГМУ, 2007. С.160-180.
17. Соседко М.Н. Исследование циклических колебаний дождевого стока в бассейне Днестра. Тр. УкрНИГМИ, 1974. Вып.127, С.16-37.
18. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Можливості оцінювання річкового стоку в Карпатах на найближчі роки з урахуванням його багаторічних коливань. Наукові праці УкрНДГМІ, 1998. Вип.246, С.46-55.
19. Христофоров А. В. Надежность расчетов речного стока. М.: Изд-во МГУ, 1993.166 с.
20. Христофоров А.В. Теория случайных процессов в гидрологии. Москва, 1994. 140 с.
21. Brazdil R, Tam TN. Climatic changes in the instrumental period in central Europe. In Climatic Change in the Historical and the Instrumental Periods. Masaryk University: Brno, 1990. 223–230 pp.
22. Brockwell PJ, Davis RA. Introduction to Time Series and Forecasting. Springer-Verlag. New York, 2003.
23. Charvatova I, Strestik J. Long-term changes of the surface air temperature in relation to solar inertial motion. *Climatic Change*, 29. 1995. 333–352 pp.
24. Charvatova I, Strestik J. Periodicities between 6 and 16 years in the surface air temperature in possible relation to solar inertial motion. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 66. 2004. 219–227 pp.
25. Charvatova I. Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? *Annales Geophysicae—Atmospheres, Hydrospheres and Space Sciences*, 18. 2000. 399–405 pp.
26. Esper J, Cook ER, Schweingruber FH. Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. *Science*, 295. 2002. 2250–2253 pp.
27. H. Bolbot, V. Grebin Long-term dynamics and current trends in fluctuations of the flow characteristics of the Siverskyi Donets River basin. Conference Proceedings, Monitoring 2019, Nov 2019, Volume 2019, p.1 – 5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903229>
28. Labat D, Godderis Y, Probst JL, Guyot JL. Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*, 27. 2004. 631–642 pp.
29. Liritzis I, Fairbridge R. Remarks on astrochronology and time series analysis of Lake Sake varved sediments. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 6. 2003. 165–172 pp.
30. Lohre M, Sibbertsen P, Konnig T. Modeling water flow of the Rhine River using seasonal long memory. *Water Resources Research*, 39. 2003. 1132 p.
31. Luk'yanets O., Sosedko M. Die Abflussbewertung auf nächste Jahre in den Karpaten unter Berücksichtigung der mehrjährigen Abflussschwankungen. XIX. Konferenz der Donauländer. Osijek (Kroatien). 1998, 393-401 s.
32. Lukianets Olga Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). In XXVII Conference of the Danubian Countries, Golden Sands, Bulgaria. 2017. 280-290 pp.
33. 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). p.1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo119>

34. *Oleksandr Obodovskyi, Olga Lukianets* Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians Rivers. *Scientific Journal of Environmental Research, Engineering and Management*, 73, No.1. Kaunas University of Technology, 2017. 33-47 pp.
35. *Pavla Pekarova and Jan Pekar* Long-term discharge prediction for the Turnu Severin station (the Danube) using a linear autoregressive model. *Hydrol. Process*, 20. 2006. 1217–1228 pp.
36. *Pekarova P, Miklanek P, Pekar J.* Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th–20th centuries. *Journal of Hydrology*, 274. 2003. 62–79 pp.
37. *Pekarova P, Miklanek P.* Occurrence of the dry periods in European runoff series. In XXII Conference of the Danubian Countries. Brno (CD ROM), 2004.
38. *Pekárová, P., Miklánek, P. (eds.).* Flood regime of rivers in the Danube River basin. Follow-up volume IX of the Regional Co-operation of the Danube Countries in IHP UNESCO. IH SAS, Bratislava, 215 p. + 527 p. app. 2019.
39. *Probst J, Tardy Y.* Long range streamflow and world continental runoff fluctuation since the beginning of this century. *Journal of Hydrology*, 94. 1987. 289–311 pp.
40. *Rao AR, Hamed K.* Multi-taper method of analysis of periodicities in hydrologic data. *Journal of Hydrology*, 279. 2003. 125–143 pp.
41. *Solanki SK, Usoskin IG, Kromer B, Schussler M, Beer J.* Unusual activity of the sun during recent decades compared to the previous 11 000 years. *Nature*, 431. 2004. 1084–1087 pp.
42. *Sosedko M.* Regular alternation of high and low streamflow periods in the river basin of the Carpathians. *Annales Geophysicae*, 15. 1997. (Part II, Supplement II), C310.
43. *Van Gelder PHAJM, Kuzmin VA, Visser PJ.* Analysis and statistical forecasting of trends in river discharges under uncertain climate changes. In *River Flood Defence*. 2000. Booklet 9, University Kassel: Germany, D13-D22.
44. *Vasiliev S.S, Dergachev V.A.* The ~ 2400-year cycle in atmospheric radiocarbon concentration: bispectrum of ¹⁴C data over the last 8000 years. *Annales Geophysicae*, 20. 2002. 115–120 pp.
45. *Walanus A, Soja R.* The 3-5 yr period in river runoff—is it random fluctuation? In *Proceedings, Hydrological Processes in the Catchment*. Cracow, 1995. 141–148 pp.
46. *Williams GR.* Cyclical variations in the worldwide hydrological data. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 6. 1961. 71–88 pp.

References

1. *Alekhin Yu. M.* Mnozhestvennoye lineynoye ekstrapolirovaniye makroprotsesov (dinamiko-statisticheskiy metod prognozirovaniya) [Multiple Linear Extrapolation of Macroprocesses (dynamic statistical forecasting method)]. *Trudy LGMI*. 1968. Vyp. 28, S. 46-59 [in Russian].
2. *Alekhin Yu. M.* Statisticheskiye prognozy v geofizike [Statistical forecasts in geophysics]. Leningrad, 1963. 86 s. [in Russian].
3. *Goroshkov I.F.* *Gidrologicheskie raschety* [Hydrological calculations]. Leningrad, 1979. 433 s. [in Russian].
4. *Kajsl Ch.* Analiz vremennykh rjadov gidrologicheskikh dannykh [Time series analysis of hydrological data]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972, 138 s. [in Russian].
5. *Kalinin G P, Davydova A.I.* Issledovaniye tsiklicheskiy kolebaniy stoka rek severnogo polushariya. V kn.: *Mnogoletniye kolebaniya stoka i veroyatnostnyye metody yego rascheta* [Investigation of cyclical fluctuations in the river flow of the northern hemisphere. In the book: Long-term runoff fluctuations and probabilistic methods for its calculation]. Izd. MGU, 1967. S. 35-44 [in Russian].
6. *Kartvelishvili N. A.* *Stokhasticheskaya gidrologiya* [Stochastic Hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 162 s. [in Russian].
7. *Kushlyk-Dyvul's'ka O.I., Polishchuk N.V., Orel B.P., Shtabalyuk P.I.* *Teoriya ymovirnostey ta matematychna statystyka* [Probability theory and mathematical statistics]. K.: NTUU «KPI», 2010. 136 s. [in Ukrainian]
8. *Luk'yanets' O.I., Kamins'ka T.P.* Zakonomirnosti ta prostorova synkhronnist' bahatorichnykh tsyklichnykh kolyvan' vodnoho stoku richok Ukrayins'kykh Karpat [Regularities and spatial synchronicity of perennial 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, 2015. Vyp. 744–745: Heohrafiya. S.18-24 [in Ukrainian].
9. *O.I. Luk'yanets', O.H. Obodovs'kyy, V.V. Hrebin', O.O. Pochayevets', V.O. Korniyenko* Prostorovi zakonomirnosti zminy seredn'oho richnoho stoku vody richok Ukrayiny. [Spatial regularities of change in average annual water flow of river of Ukraine]. *Ukr. heohr. Zhurnal*. 2021. N1, S. 06-14 [in Ukrainian].
10. *Obodovs'kyy O. H., Dan'ko K. Yu., Pochayevets' O.O. ta in.* Hidroekolohichna otsinka enerhetychnoho potentsialu richok baseynu Dnipra (v mezhakh Ukrayiny) v umovakh zmin klimatu [Hydro-ecological assessment of the energy potential of the Dnieper River basins (within Ukraine) in the face of

climate change]. Zaklyuchnyy zvit, № 0116U004827, Kyyivs'kyy natsional'nyy universytet imeni Tarasa Shevchenka. Kyyiv, 2017. 291 s. [in Ukrainian].

11. *Obodovs'kyy O. H., Rozlach Z. V., Onyshchuk V. V. ta in.* Hidroekolohichna otsinka i prohnoz enerhetychnoho potentsialu richok Ukrayins'kykh Karpat [Hydro-ecological assessment and forecasting of the energy potential of the Ukrainian Carpathian Rivers]. Zvit pro NDR, № 0114U003482, Kyyivs'kyy natsional'nyy universytet imeni Tarasa Shevchenka. Kyyiv, 2015. 224 s. [in Ukrainian].

12. *Obodovs'kyy O. H., Snizhko S. I., Hrebin' V.V. ta in.* Hidroekolohichna otsinka enerhetychnoho potentsialu richok Ukrayiny v umovakh klimatychnykh zmin [Hydro-ecological assessment of the energy potential of Ukrainian rivers in the face of climate change]. Zvit pro NDR, № 01118U001098, Kyyivs'kyy natsional'nyy universytet imeni Tarasa Shevchenka. Kyyiv, 2018. 194 s. [in Ukrainian].

13. *Obodovs'kyy O., Luk"yanets' O., Moskalenko S. & Korniyenko V.* Uzahal'nennya seredn'oho richnoho stoku vody richok vidpovidno do hidrohrafichnoho rayonuvannya Ukrayiny [Generalization of the average annual water runoff of the rivers according to the hydrographic zoning of Ukraine]. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina, Ceriya «Heolohiya. Heohrafiya. Ekolohiya». 2019. №51, S. 158-170 [in Ukrainian].

14. *Ratkovich D. Ya.* Mnogoletniye kolebaniya rechnogo stoka [Long-term fluctuations in the river flow]. L.: Gidrometeoizdat, 1976. S. 10-111 [in Russian].

15. *Rozhdestvenskij A.V., Chebotaev A.I.* Statisticheskie metody v gidrologii [Statistical methods in hydrology]. L.: Gidrometeoizdat, 1974. S. 356-415 [in Russian].

16. *Sikan A.V.* Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informatsii: uchebnik [Methods of statistical processing of hydrometeorological information: textbook]. SPb.: izd. RGGMU, 2007. S.160-180 [in Russian].

17. *Sosedko M.N.* Issledovaniye tsiklicheskikh kolebaniy dozhdevogo stoka v bassejne Dnestra [Investigation of cyclical fluctuations of rainfall runoff in the Dniester basin]. Tr. UkrNIGMI, 1974. Vyp.127, S.16-37 [in Russian].

18. *Susidko M.M., Luk"yanets' O.I.* Mozhlyvosti otsinyuvannya richkovoho stoku v Karpatakh na nayblyzhchi roky z urakhuvannyam yoho bahatorichnykh kolyvan' [Possibilities of estimating river runoff in the Carpathians for the coming years, taking into account its long-term fluctuations]. Naukovi pratsi UkrNDHMI, 1998. Vyp.246, S.46-55 [in Ukrainian].

19. *Khristoforov A. V.* Nadezhnost' raschetov rechnogo stoka [Reliability of river runoff calculations]. M.: Izd-vo MGU, 1993.166 s. [in Russian].

20. *Khristoforov A.V.* Teoriya sluchaynykh processov v gidrologii [Theory of random processes in hydrology]. Moskva, 1994. 140 s. [in Russian].

21. *Brazdil R, Tam TN.* Climatic changes in the instrumental period in central Europe. In Climatic Change in the Historical and the Instrumental Periods. Masaryk University: Brno, 1990. 223–230 pp.

22. *Brockwell PJ, Davis RA.* Introduction to Time Series and Forecasting. Springer-Verlag. New York, 2003.

23. *Charvatova I, Strestik J.* Long-term changes of the surface air temperature in relation to solar inertial motion. Climatic Change, 29. 1995. 333–352 pp.

24. *Charvatova I, Strestik J.* Periodicities between 6 and 16 years in the surface air temperature in possible relation to solar inertial motion. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 66. 2004. 219–227 pp.

25. *Charvatova I.* Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? Annales Geophysicae–Atmospheres, Hydrospheres and Space Sciences, 18. 2000. 399–405 pp.

26. *Esper J, Cook ER, Schweingruber FH.* Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. Science, 295. 2002. 2250–2253 pp.

27. *H. Bolbot, V. Grebin* Long-term dynamics and current trends in fluctuations of the flow characteristics of the Siverskyi Donets River basin. Conference Proceedings, Monitoring 2019, Nov 2019, Volume 2019, p.1 – 5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903229>

28. *Labat D, Godderis Y, Probst JL, Guyot JL.* Evidence for global runoff increase related to climate warming. Advances in Water Resources, 27. 2004. 631–642 pp.

29. *Liritzis I, Fairbridge R.* Remarks on astrochronology and time series analysis of Lake Sake varved sediments. Journal of the Balkan Geophysical Society, 6. 2003. 165–172 pp.

30. *Lohre M, Sibbertsen P, Konnig T.* Modeling water flow of the Rhine River using seasonal long memory. Water Resources Research, 39. 2003. 1132 p.

31. *Luk"yanets O., Sosedko M.* Die Abflussbewertung auf nächste Jahre in den Karpaten unter Berücksichtigung der mehrjährigen Abflussschwankungen. XIX. Konferenz der Donauländer. Osijek (Kroatien). 1998, 393-401 s.

32. *Lukianets Olga* Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). In XXVII Conference of the Danubian Countries, Golden Sands, Bulgaria. 2017. 280-290 pp.

33. 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). p.1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo119>
34. Oleksandr Obodovskyi, Olga Lukianets Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians Rivers. Scientific Journal of Environmental Research, Engineering and Management, 73, No.1. Kaunas University of Technology, 2017. 33-47 pp.
35. Pavla Pekarova and Jan Pekar Long-term discharge prediction for the Turnu Severin station (the Danube) using a linear autoregressive model. Hydrol. Process, 20. 2006. 1217–1228 pp.
36. Pekarova P, Miklanek P, Pekar J. Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th–20th centuries. Journal of Hydrology, 274. 2003. 62–79 pp.
37. Pekarova P, Miklanek P. Occurrence of the dry periods in European runoff series. In XXII Conference of the Danubian Countries. Brno (CD ROM), 2004.
38. Pekárová, P., Miklánek, P. (eds.). Flood regime of rivers in the Danube River basin. Follow-up volume IX of the Regional Co-operation of the Danube Countries in IHP UNESCO. IH SAS, Bratislava, 215 p. + 527 p. app. 2019.
39. Probst J, Tardy Y. Long range streamflow and world continental runoff fluctuation since the beginning of this century. Journal of Hydrology, 94. 1987. 289–311 pp.
40. Rao AR, Hamed K. Multi-taper method of analysis of periodicities in hydrologic data. Journal of Hydrology, 279. 2003. 125–143 pp.
41. Solanki SK, Usoskin IG, Kromer B, Schussler M, Beer J. Unusual activity of the sun during recent decades compared to the previous 11 000 years. Nature, 431. 2004. 1084–1087 pp.
42. Sosedko M. Regular alternation of high and low streamflow periods in the river basin of the Carpathians. Annales Geophysicae, 15. 1997. (Part II, Supplement II), C310.
43. Van Gelder PHAJM, Kuzmin VA, Visser PJ. Analysis and statistical forecasting of trends in river discharges under uncertain climate changes. In River Flood Defence. 2000. Booklet 9, University Kassel: Germany, D13-D22.
44. Vasiliev S.S, Dergachev V.A. The ~ 2400-year cycle in atmospheric radiocarbon concentration: bispectrum of ^{14}C data over the last 8000 years. Annales Geophysicae, 20. 2002. 115–120 pp.
45. Walanus A, Soja R. The 3-5 yr period in river runoff—is it random fluctuation? In Proceedings, Hydrological Processes in the Catchment. Cracow, 1995. 141–148 pp.
46. Williams GR. Cyclical variations in the worldwide hydrological data. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 6. 1961. 71–88 pp.

Структура временных рядов годового стока воды рек бассейна Северского Донца на основе стохастического анализа его многолетних колебаний

Большот А.В., Лукьянец О.И., Гребень В.В.

Установлены закономерности в многолетней изменчивости среднего годового стока воды рек бассейна Северского Донца, идентифицирована циклическая составляющая, выявлена длительность и характер чередования циклов водности и в их пределах маловодных и многоводных фаз, а также, используя обнаруженные стохастические закономерности по историческим данным, выполнен прогноз стока на ближайшую перспективу.

Ключевые слова: речной бассейн Северского Донца, сток воды, изменчивость, циклические колебания, маловодные и многоводные фазы водности, стохастический анализ, прогнозные оценки водности.

Structure of the time series of the annual water runoff of the rivers of the Siverskyi Donets River Basin based on the stochastic analysis of its long-term fluctuations

Hanna Bolbot, Olga Lukianets, Vasyl Grebin

To detect the cyclic component in time series of annual water runoff of rivers of the Siverskyi Donets River Basin structure, it is necessary to have a hydrological gauge, which closes a large river basin and has long continuous observations of water runoff. The only hydrological gauge that meets these conditions is the Siverskyi Donets - Lysychansk - the catchment area is 52,400 km² and the beginning of observations of water runoff since 1892. The Siverskyi Donets - Lysychansk is quite intermittent. Analysis of annual water runoff data of "neighboring basins" for the Siverskyi Donets Basin showed that the longest series of continuous observations has a hydrological gauge the Desna River near Chernihiv - since 1895, the catchment area is 81400 km². So, we can consider this basin as basic for calculations and determination of patterns of long-term variability of annual water runoff of rivers of the Siverskyi Donets Basin. The study used data from eight hydrological gauges: the Desna - Chernihiv, intermediate river basins – the Sula - Lubny, the Psel - Zapsillya, the Vorskla - Kobeliaky, within the study basin – the Siverskyi Donets - Lysychansk, the Bakhmut - Siversk, the Aidar - Novoselivka, as well as the Southern Bug - Oleksandrivka.

To confirm the spatial consistency of the annual water runoff of the studied rivers, a correlation matrix between the time sequences of the water runoff of neighboring basins was determined. To obtain a generalized characteristic of long-term water runoff variability of the studied rivers, chronological graphs of changes in modular coefficients were constructed, initial time series smoothing was performed, graphical analysis of difference integral curves was applied.

In the course of the research regularities in long-term variability of average annual water runoff of rivers of the Siverskyi Donets Basin were identified, cyclic component was identified, duration and nature of water runoff cycles and within them low and wet phases were identified. The prediction of annual water runoff in the near future was done.

Joint autocorrelation and spectral analysis allowed to identify a mutually confirmed cycle lasting 19-24 years for the rivers of the Siverskyi Donets Basin. According to the criterion of series, it is established that the periods of low phase can be 9 ± 2 years. Knowing the length of the cycles, water-specific phases were identified. As a result, for the rivers of the Siverskyi Donets Basin it was found that the runoff in the wet phase exceeds the norm by an average of 18%, and the runoff in the low phase is lower by an average of 17% than normal. Therefore, the difference in river water phases is $\approx 35\%$.

Forecast estimates show that by 2020 ± 2 , the rivers of the basin will have a low phase, which began in 2008. A wet phase is expected from 2020 ± 2 to 2029 ± 2 , then in the period 2030 ± 2 - 2038 ± 2 years - low phase. In the period from 2039 ± 2 to 2048 ± 2 we should expect an increase of annual water runoff of the rivers of the Siverskyi Donets Basin.

Key words: *Seversky Donets river basin, water runoff, variability, cyclic fluctuations, low-water and multi-water phases of water content, stochastic analysis, forecast water estimates.*

Надійшла до редколегії 09.11.2021

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.3>

УДК 556.5

Куценко Л.В.

Одеський державний екологічний університет, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФІЦИТІВ ВОДНОСТІ ТА ІНДЕКСІВ ПОСУХИ ДЛЯ ЗОНИ НЕДОСТАТНЬОЇ ВОДНОСТІ УКРАЇНИ

Представлені результати дослідження формування дефіцитів водності на річках в зоні недостатньої водності України. Для визначення дефіцитів використаний «пороговий» метод, який передбачає порівняння щоденних витрат води у межений період з величинами мінімального стоку заданої ймовірності перевищення. Проаналізовано динаміку дефіцитів у часі та їх інтенсивність тривалість та об'єми. В дослідженні також представлені результати розрахунку різноманітних індексів посух та проаналізовано їх взаємозв'язок зі витратами води в період літньо-осінньої межени.

Ключові слова: *мінімальний стік річок, дефіцит водності, межень, індекси посух.*

Вступ. З кожним роком набувають все більшої актуальності дослідження щодо значного впливу зміни клімату (підвищення температури повітря, збільшення випаровування з водної поверхні, зменшення кількості опадів) на водні ресурси України, що призводить до їх дефіциту та може значно обмежити розвиток секторів економіки, які залежать від водних ресурсів.

За численними дослідження провідних українських та закордонних вчених [2, 4-5, 8, 10-11] очікується що найбільшого впливу кліматичних змін слід очікувати саме в зоні недостатньої водності, в межах якої величина випаровування за рік у сукупності з інфільтрацією в середньому за багаторічний період перевищує кількість атмосферних опадів, яка в Україні в основному відповідає степовій зоні.

Степова зона розташована у південній частині України та займає майже 40% її території. На півночі межує з лісостеповою зоною, на півдні простягається до узбережжя Чорного, Азовського морів та передгір'я Кримських гір.

На території цієї зони протікають річки, що належать до басейну нижньої течії Дністра, Дніпра, Південного Бугу та Сіверського Дінця.

Як відомо, водні ресурси будь-якої території визначають запаси поверхневих та підземних вод в її межах [9]. Найменші значення цього запасу спостерігаються під час межени, коли річки отримують живлення за рахунок підземних вод, а на Півдні України часто пересихають. Мінімальний стік спостерігається на річках досліджуваної території у літньо-осінній та зимовий періоди, й в окремі роки в цьому випадку може спостерігатися дефіцит водності. Поняття дефіцит водних ресурсів передбачає відсутність достатніх запасів водних ресурсів для забезпечення потреб населення на розглядуваній території. В період кліматичних змін, який характеризується суттєвим перерозподілом водних ресурсів, як

територіально, так й в межах гідрологічного року, визначення характеристик дефіцитів є вельми актуальною науковою та практичною задачею [3, 6]. Крім дефіциту водності для характеристики маловоддя на річках можна використовувати також індекси посух, які знайшли широке застосування в метеорології, агрометеорології та гідрології.

Актуальність теми дослідження. Посухи, й як результат дефіцит водності річок, є природною складовою клімату і можуть відбуватися в будь-яких кліматичних умовах по всьому світу, навіть у пустелях та тропічних лісах. Після публікації доповіді Міжурядової групи експертів із зміни клімату про екстремальні явища [13] питання про кількісну оцінку збитків від екстремальних кліматичних явищ, таких як посухи, набуло особливу значущість для здійснення політик, особливо стосовно порядку денного дня Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату. Крім цього, у зв'язку з масштабами збитків, що викликаються цим явищем, поліпшення моніторингу та боротьби з посухою буде мати першорядне значення для реалізації Сендайської рамкової програми щодо зниження ризику лиха на період 2015–2030 років та Цілей у сфері сталого розвитку.

Основною **метою** є дослідження дефіцитів водності та їх тривалості на річках зони недостатньої водності України та визначення метеорологічних та гідрологічних індексів посухи.

Методи та результати дослідження. Для визначення дефіцитів водності на річках зони недостатньої водності України, використано «пороговий» метод, який запропонував В. Євдзевичем [16]. Згідно цього методу, визначаються значення мінімального стоку заданої забезпеченості нижче яких стік вважається меженним та характеризується дефіцитом водності. Дефіцитним періодом називається період протягом якого спостерігається зниження витрат води нижче «порогового».

Що стосується індексів посух, то у довіднику ВМО [14] відмічається, що як не існує універсального визначення поняття посухи, так не існує і єдиного індексу або показника, який міг би характеризувати всі типи посух, кліматичні режими та сектори, що піддаються впливу посухи, та застосовуватися до них. Жоден показник або індекс не може використовуватись для визначення належних заходів для всіх типів посух, з урахуванням кількості та різноманітності секторів, що піддаються впливу. Бажано використовувати різні порогові значення з різними комбінаціями вхідних даних. Застосування сучасних показників виявлення посух, які враховують як мінливість поля опадів, так і температурні аномалії, дає можливість встановити регіональні особливості розподілу посух та їх ступінь екстремальності [1].

Окремо розглянемо індекси гідрологічних посух. За оцінкою експертів ВМО, більшість з цих індексів віднесено до «жовтої категорії», отже є більш складними у використанні у порівнянні з метеорологічними. Для розрахунку гідрологічного індексу посухи Палмера PHDI необхідні ряди даних без пропусків; стандартизований індекс запасу водойми (SRSI), стандартизований індекс річкового стоку (SSFI) та стандартизований індекс рівня води (SWI) є модифікаціями SPI, серед яких слід окремо виділити SDI, який є індексом стоку у період посухи. Індекс SDI розроблений Налбантісом і Цакіріс [12] з використанням методології та розрахунків SPI в якості основи, як вже було сказано вище. В якості характеристик використовуються місячні значення річкового стоку та методи нормування, пов'язані з SPI, для отримання індексу посухи на основі даних про річковий стік. При тому, що результати обчислень схожі на результати SPI, перевагою є те, що тут можуть розглядатися окремо як вологі, так і сухі періоди, і навіть їх інтенсивність. Індекс SDI використовується для моніторингу та визначення явищ посухи на основі даних конкретного гідрометричного посту, але може не завжди бути репрезентативним для басейнів більшої площі.

Для розрахунку, оцінки та моніторингу посух використовується *калькулятор індексів посухи (DrinC)* [15]. Цей програмний пакет, розроблений для розрахунку таких індексів посухи, як індекс дослідження посухи (RDI), індекс посухи річкового стоку (SDI), стандартизований індекс опадів (SPI), а також сільськогосподарський стандартизований індекс опадів (aSPI) та ефективний досліджуваний індекс посухи (eRDI).

Визначення дефіцитів водності. В якості вихідної інформації використано багаторічні дані середньодобових та середньомісячних мінімальних витрат води у період зимової та літньо-осінньої межени на річках, що розташовані в різних районах басейнів річок

та суттєво відрізняються за площею водозбору, а саме р. Південний Буг – смт Олександрівка ($F=46200 \text{ км}^2$), р. Кінська – м. Пологи ($F=353 \text{ км}^2$), р. Обитічна – м. Приморськ ($F=1300 \text{ км}^2$).

В якості порогових значень взято мінімальні витрати 90 % та 97% забезпеченості, розраховані на базі трьохпараметричного гамма розподілу Крицького-Менкеля [7].

За період спостережень з 1953 по 2018 р. включно, проаналізовані добові витрати води в періоди зимової та літньо-осінньої межени. У тих випадках, коли значення стоку води виявлялися меншими за величини $Q_{90\%}$ або $Q_{97\%}$, вони рахувалися як дефіцитні (90%) або екстремально дефіцитні (97%). Період, впродовж якого спостерігались такі витрати, визначений як період дефіциту водності. В табл.1-3 для періоду літньо-осінньої межени представлені характеристики дефіцитів, зокрема, визначено: число таких подій по десятирічках, частота виникнення, середній об'єм, тривалість та інтенсивність.

Таблиця 1. Характеристика дефіцитів водності у період літньо-осінньої межени на р. Південний Буг – смт Олександрівка

Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1935-1944	10	4	0,4	556,1	5,7	97,6
1945-1954	10	11	1,1	1025,93	8,4	122,1
1955-1964	10	15	1,5	1457,2	13,9	104,8
1965-1974	10	2	0,2	158,35	1,4	113,1
1975-1984	10	0	0	0	0	0,0
1985-1994	10	1	0,1	109,2	0,9	121,3
1995-2004	10	1	0,1	40,3	0,3	134,3
2005-2018	14	36	2,6	4431,61	39,7	111,6

Таблиця 2. Характеристика дефіцитів водності у період літньо-осінньої межени на р. Кінська – м. Пологи

Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1953-1962	10	9	0,9	3,1	19,4	0,2
1963-1972	10	5	0,5	0,7	1,8	0,4
1973-1982	10	0	0	0	0	0,0
1983-1992	10	13	1,3	13,6	29,4	0,5
1993-2002	10	25	2,5	12,4	23,8	0,5
2003-2018	16	2	0,1	1,6	1,9	0,8

Таблиця 3. Характеристика дефіцитів водності у період літньо-осінньої межени на р. Обитічна – м. Приморськ

Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1950-1959	10	27	2,7	7,4	47,1	0,2
1960-1969	10	0	0	0	0	0,0
1970-1979	10	11	1,1	4,6	18,4	0,3
1980-1989	10	3	0,3	1,0	2,9	0,4
1990-1999	10	1	0,1	0,04	0,1	0,0
2000-2009	10	0	0	0	0	0,0
2010-2018	8	1	0,13	0,15	0,375	0,4

Аналогічні характеристики для періоду зимової межени представлені в табл.4-6. Графічне представлення хронологічного ходу об'ємів стоку та дефіцитів (90%) у період літньо-осінньої межени на річках досліджуваної території показано на рис. 1 та у період зимової межени на рис.2.

Таблиця 4. Характеристика дефіцитів водності у період зимової межени на р. Південний Буг – смт Олександрівка

Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1935-1944	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1945-1954	10	11	1,1	2537,8	148,0	17,1
1955-1964	10	17	1,7	1963,0	99,0	19,8
1965-1974	10	2	0,2	112,1	5,0	22,4
1975-1984	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985-1994	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995-2004	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005-2018	14	19	1,4	933,5	42,0	22,2

Таблиця 5. Характеристика дефіцитів водності у період зимової межени на р. Кінська – м. Пологи

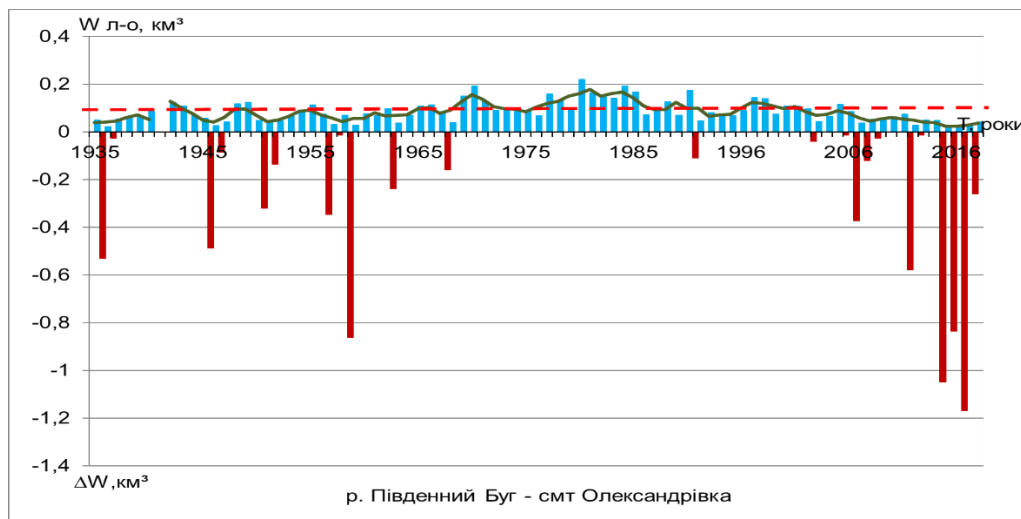
Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1953-1962	10	29	2,9	24,6	35,8	0,7
1963-1972	10	4	0,4	2,3	1,3	1,7
1973-1982	10	0	0	0	0	0,0
1983-1992	10	9	0,9	9,3	9,7	1,0
1993-2002	10	8	0,8	17,6	21,1	0,8
2003-2018	16	13	0,8	27,2	12,3	2,2

Таблиця 6. Характеристика дефіцитів водності у період зимової межени на р. Обитічна – м. Приморськ

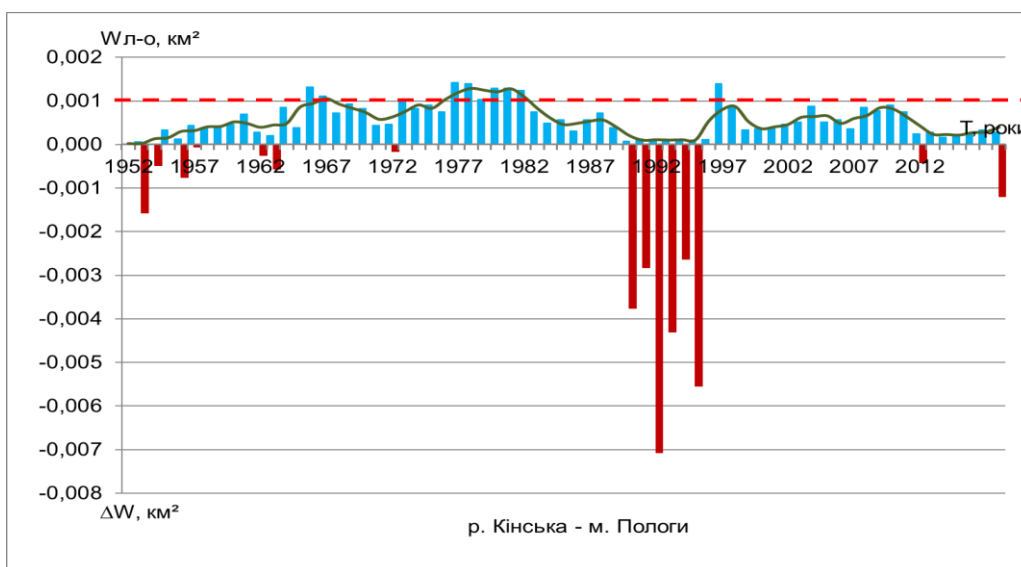
Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1950-1959	10	25	2,5	42,9	42,4	1,0
1960-1969	10	0	0	0	0	0,0
1970-1979	10	2	0,2	1	0,4	2,5
1980-1989	10	2	0,2	2,2	1,1	2,0
1990-1999	10	1	0,1	0,5	0,2	2,4
2000-2009	10	4	0,4	7,4	3,5	2,1
2010-2018	8	5	0,63	18,4	8	2,3

Додатково також оцінено екстремальні дефіцити (97%) для р. Південний Буг – смт Олександрівка (табл.7-8), а їх хронологічний хід представлені у графічному вигляді на рис.3.

а)



б)



в)

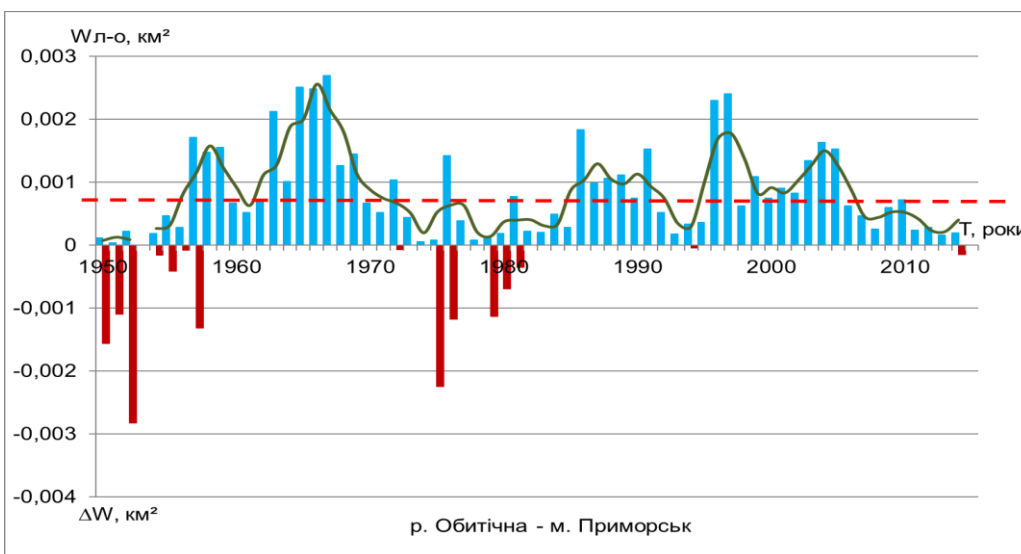
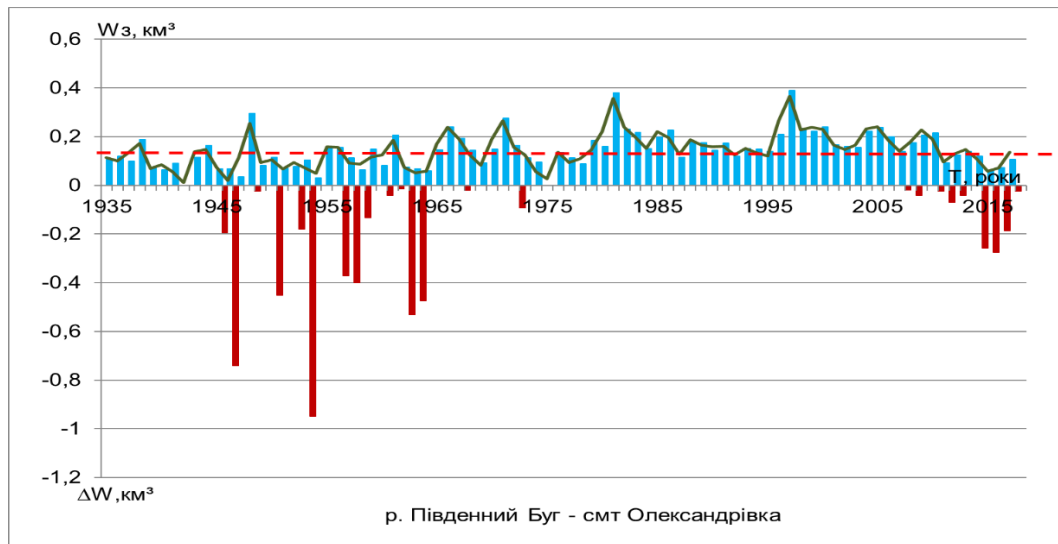
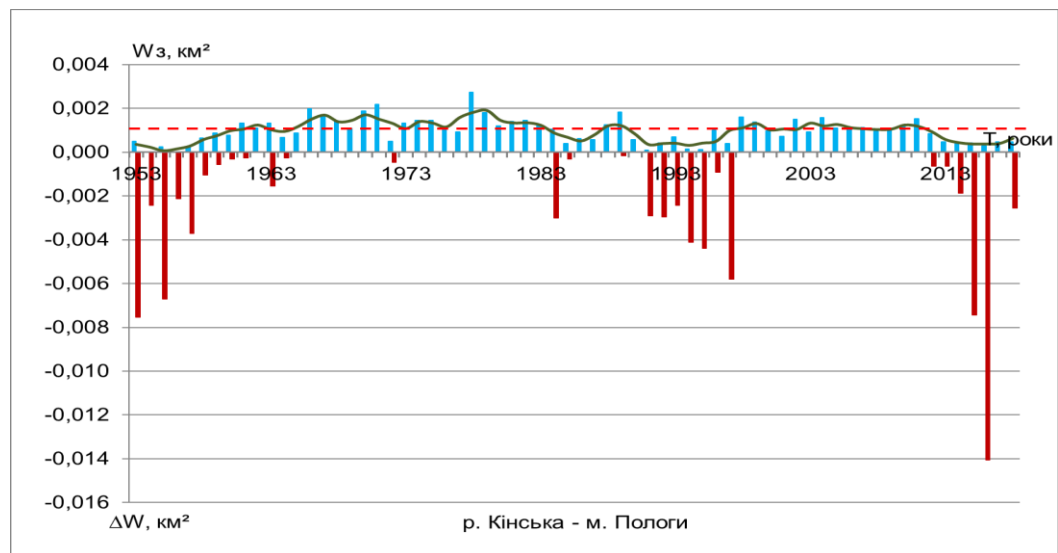


Рис. 1. Хронологічний хід об'ємів стоку та дефіцитів 90% у період літньо-осінньої межени на річках зони недостатньої водності

а)



б)



в)

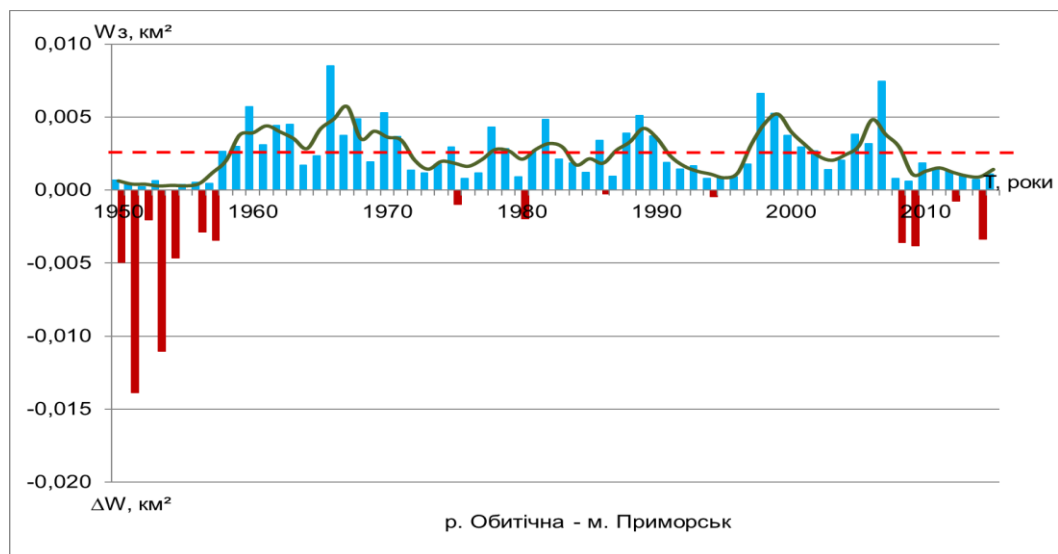


Рис. 2. Хронологічний хід об'ємів стоку та дефіцитів 90% у період зимової межени на річках зони недостатньої водності України

Таблиця 7. Характеристика дефіцитів водності у період літньо-осінньої межени на р. Південний Буг – смт Олександрівка (97%)

Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1935-1944	10	2	0,2	137,4	1,9	72,3
1945-1954	10	2	0,2	113	1,3	86,9
1955-1964	10	9	0,9	379,7	4,8	79,1
1965-1974	10	1	0,1	4,8	0,1	48,0
1975-1984	10	0	0	0	0	0,0
1985-1994	10	0	0	0	0	0,0
1995-2004	10	0	0	0	0	0,0
2005-2018	14	10	0,7	548,8	4,9	113,0

Таблиця 8. Характеристика дефіцитів водності у період зимової межени на р. Південний Буг – смт Олександрівка (97%)

Період	Число років з даними спостережень	Число подій дефіцитів	Частота виникнення подій, (випад./рік)	Середній об'єм, м ³ /с/рік	Середня тривалість діб/рік	Середня інтенсивність подій, м ³ /с/добу
1935-1944	10	0	0	0	0	0,0
1945-1954	10	5	0,5	954	75	12,7
1955-1964	10	7	0,7	289,2	19	15,2
1965-1974	10	0	0	0	0	0,0
1975-1984	10	0	0	0	0	0,0
1985-1994	10	0	0	0	0	0,0
1995-2004	10	0	0	0	0	0,0
2005-2018	14	1	0,1	29,9	2	15,0

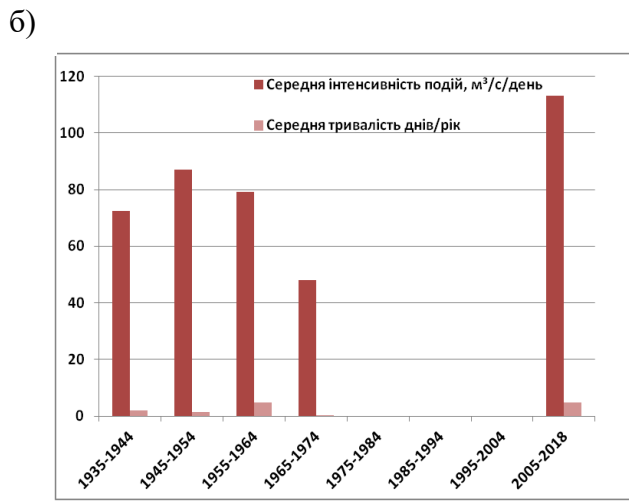
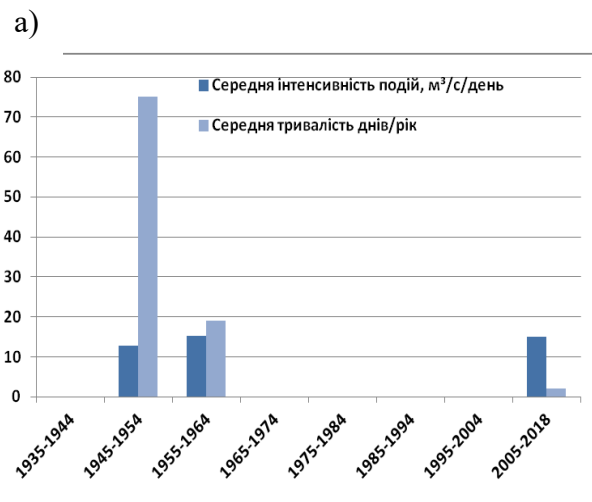


Рис. 3. Хронологічний хід середньої тривалості та інтенсивності екстремальних дефіцитів водності (97%) у період зимової (а) та літньо-осінньої межени на р. Південний Буг – смт Олександрівка

Аналізуючи отримані діаграми, можна відмітити, що природно, найбільший дефіцит водності спостерігався у маловодні роки (нижче норми), а відповідно, відсутність дефіциту характерна для багатоводних періодів (вище норми). Так для р. Південний Буг- смт Олександрівка в період літньо-осінньої межени спостерігалось два періоди с суттєвими дефіцитами водності – це десятиріччя 1945-1954 рр. з середнім об'ємом дефіциту 1025,93 м³/с/рік та період 2005-2018 рр., коли об'єм дефіциту є найбільшим за роки спостережень –

4431,61 м³/с/рік (табл.1). Цікавим є факт, коли найбільша середня інтенсивність 134,3 м³/с/добу відмічена у десятиріччя, яке передує періоду з найбільшим сумарним дефіцитом. Отже в даному випадку має місце багаторічне накопичення дефіциту, яке відбувається на фоні багаторічної маловодної фази водності (рис.1 а, значення середньорічних об'ємів, які розташовані нижче пунктирної червоної лінії (норми стоку)). Інша ситуація спостерігається на р.Кінська –с. Пологи (табл.2, рис.1б) та для р. Обитічна – м. Приморськ, де навпаки, починаючи с 1990-х років, навіть в маловодні роки (табл.3, рис.1.в) практично не спостерігається дефіцитів водності.

В період зимової межени, природно, дефіцити водності менші за об'ємом, але також можуть досягати великих значень. Так для р. Південний Буг- смт Олександрівка протягом двох десятиріч у минулому сторіччі (1945-1964рр.) спостерігались суттєві дефіцити водності, а їх середня інтенсивність досягла максимуму - 22,4 м³/с/добу – наприкінці наступного десятиріччя 1965-1974рр. Надали, до 2005 року дефіцити взагалі не відмічені, але за період 2005-2018рр. знов відмічено суттєва величина дефіциту водності на фоні переходу стоку в маловодну фазу (табл.4, рис.2а). На р. Кінська –с. Пологи (табл.5, рис.2б), також в останні роки спостерігається суттєвий дефіцит водності в період зимової межени з найбільшим об'ємом за останнє десятиріччя. На відміну від періоду літньо-осінньої межени, на р. Обитічна – м. Приморськ також має місце незначний дефіцит водності на фоні маловоддя (табл.6, рис.2.в).

Для р. Південний Буг- смт Олександрівка також додатково оцінені екстремальні дефіцити 97% забезпеченості (табл.7-8, рис.3).

Як видно з представлених таблиць і діаграм, в період літньо-осінньої межени за останній розрахунковий період (2005-2018рр.) відмічається найбільша інтенсивність екстремального дефіциту водності, в зимовий період також присутній дефіцит, але він не досягає суттєвих значень.

Таким чином, аналіз наявності дефіциту водності на річках зони недостатньої водності, показує що дійсно ця проблема існує і в останні роки стає все більш нагальною. Дефіцит водності на річках виникає внаслідок посилення посушливості клімату, отже представляє інтерес оцінити цей процес за допомогою індексів посух.

Визначення індексів посух. За допомогою калькулятора посух DrinC для річок досліджуваної території розраховано індекс посухи річкового стоку (SDI), стандартизований індекс опадів (SPI), сільськогосподарський стандартизований індекс опадів (aSPI), індекс дослідження посухи (RDI), ефективний досліджуваний індекс посухи (eRDI). Як відмічають розробники DrinC [15], RDI був розроблений для того, щоб оцінити серйозність посухи та підійти до дефіциту води більш точно, як свого роду баланс між входом і виходом у водній системі. Тяжкість посухи можна розділити на такі класи, як легка (-0,5 до -1,0) помірна (-1,0 до -1,5), важка (-1,5 до -2,0) і екстремальна (< -2,0).

Для оцінки гідрологічної посухи для SDI так само, як і в індексах метеорологічної посухи SPI та RDI розглядаються п'ять станів, які позначаються цілим числом від 0 (без посухи) до 4 (екстремальна посуха) і визначаються за критеріями (табл.9).

Таблиця 9. **Визначення станів гідрологічної посухи за допомогою SDI [14]**

Стан	Категорія	Значення
0	Без посухи	SDI ≥ 0.0
1	Легка посуха	-1.0 ≤ SDI < 0.0
2	Помірна посуха	-1.5 ≤ SDI < -1.0
3	Сильна посуха	-2.0 ≤ SDI < -1.5
4	Екстремальна посуха	SDI < -2.0

В якості вихідної інформації використано багаторічні дані середньомісячних витрат води по 6 гідрологічних постах (р. Кодима – с. Катеринка, р. Інгул – с. Новогорожене, р. Інгул – с. Седнівка, р. Кінська – м. Пологи, р. Кільчень – с. Олександрівка Перша, р. Кальчик – с. Кременівка) та середньомісячну температуру повітря та місячні опади по 6 метеорологічних станцій (Одеса, Херсон, Кропивницький, Запоріжжя, Дніпро та Маріуполь).

Стандартизований індекс опадів (SPI) розроблений, щоб слугувати «універсальним

інструментом моніторингу та аналізу посухи». Позитивні значення SPI вказують, що кількість опадів більше, ніж середня, а від'ємні значення – менше, ніж середня кількість опадів. Оскільки SPI нормований, більш вологий і сухий клімат можна представити однаково. Хоча SPI може відстежувати вологі періоди, він зазвичай використовується для оцінки тривалості та масштабу подій посухи. Інтерпретація отриманих значень представлена в табл. 10.

Таблиця 10. Класифікація умов посухи за індексом SPI [14]

Значення	Категорія
≥ 2.00	Екстремально вологий
1.50 до 1.99	Сильно вологий
1.00 до 1.49	Помірно вологий
0 до 0.99	Близько нормального (злегка вологий)
0 до - 0.99	Близько нормального (легка посуха)
- 1.00 до - 1.49	Помірна посуха
- 1.50 до - 1.99	Сильна посуха
$\leq - 2$	Екстремальна посуха

За допомогою DrinC для зони недостатньої водності України розраховано індекс посухи річкового стоку (SDI), стандартизований індекс опадів (SPI), індекс дослідження посухи (RDI), а також сільськогосподарський стандартизований індекс опадів (aSPI) та ефективний досліджуваний індекс посухи (eRDI).

Графічне представлення отриманих індексів посух показано на рис.4 для р. Кодима – с. Катеринка (а), р. Інгул – с. Новогорожене (б), р. Інгул – с. Седнівка (в), р. Кінська – м. Пологи (г), р. Кільчень – с. Олександрівка Перша (д) та р. Кальчик – с. Кременівка (е); на графіках також показані витрати води під час літньо-осінньої межени.

Аналізуючи отримані діаграми, можна відмітити, що дані індекси дають можливість дослідити кліматичні та гідрологічні тенденції, охарактеризувати посуху, оцінити тяжкість посухи та сприяють ранній оцінці наслідків посухи. Зокрема, індекс SDI добре корелює з витратами води, що відкриває можливості прогнозування стоку межени.

Аналіз представлених графіків показує, що в межах Півдня України не є однорідною ситуація щодо формування гідрологічних посух. Так, за даними метеостанції Одеса та гідрологічного поста р. Кодима - с. Катеринка у 2006-2007 роках спостерігалась сильна гідрологічна посуха, яка надалі змінилась легкою посухою у 2014-2015рр.

Зовсім інша ситуація стала для р. Інгул - с. Новогорожено (м/с Херсон). Тут протягом практично десятиріччя (1991-2000рр.) спостерігалась посуха, яка в 1993-1994 рр. відноситься до категорії сильної посухи. Після 2000 року посуха для цього району не відмічається. Якщо використовувати дані м/с Кропивницький та г/п р. Інгул - с. Седнівка, то картина зовсім інша – тут лише у 2014-2015рр. спостерігалась легка посуха. За даними м/с Запоріжжя та г/п р. Кінська - м. Пологи з 2011 р. почалась посуха, яка поки є легкою. Для р. Кільчень - с. Олександрівка Перша (м/с Дніпро) протягом 2012-2014рр. спостерігалась сильна посуха, схожа ситуація й для р. Кальчик – с. Кременівка, але посуха там досягла лише категорії «легка».

Проведений аналіз показує, що індекси посух не можуть повністю охарактеризувати ситуацію з водністю, зокрема, з її дефіцитом, але є додатковим інструментом аналізу ситуації в досліджуваних басейнах, а також прогнозу тенденцій водності при використанні модельних значень температури та опадів. Слід також відмітити, що індекс агрометеорологічної засухи разом зі широко відомим SPI, може також використовуватись в якості показника загальної зволоженості території, та має перспективи використання в прогнозних методиках. Що стосується SDI, то оскільки тут використовуються витрати води, то він безумовно добре корелює зі стоком, але його використання водночас обмежується необхідністю мати прогнозні витрати води.

В подальших дослідженнях планується із застосуванням багатомірного статистичного аналізу дослідити кореляційні зв'язки між стоком межени, дефіцитами водності та індексами посух з метою розробки регіональної методики визначення мінімального стоку річок зони недостатньої водності України.

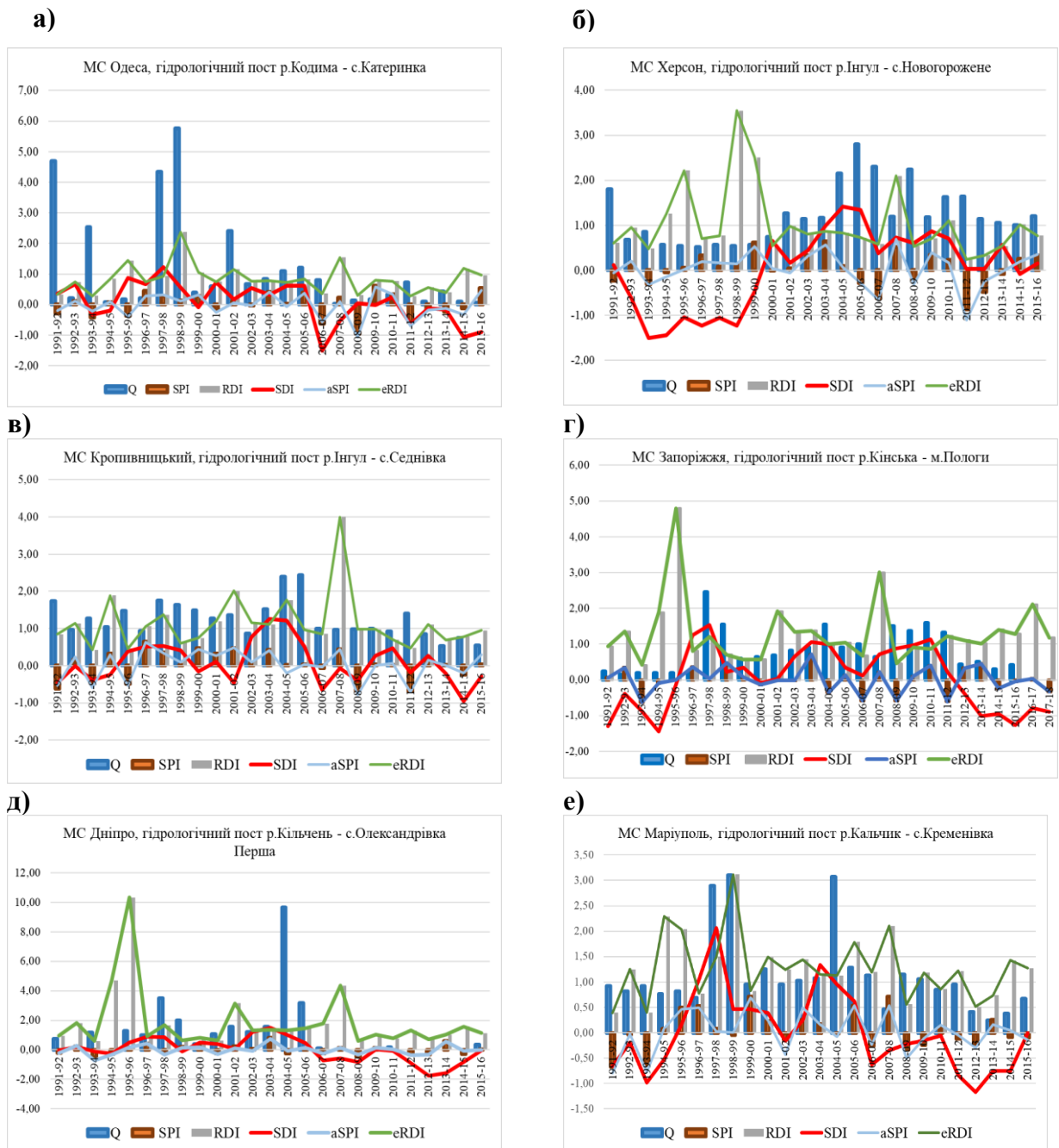


Рис. 4. Хронологічний хід індексів посух в зоні недостатньої водності України

Висновки. У період сучасних кліматичних змін більша частина території України знаходиться в зоні значного ризику через дефіцит водних ресурсів та посилення посухи, який за прогнозними кліматичними тенденціями буде посилюватися в найближчі 30-50 років.

Дослідивши хід об'ємів стоку та дефіцитів можна відмітити, що в останні роки рівень води у річках України не лише протягом літнього періоду але і у зимовий є нижчим за норму. Разом із частішою посухою та зменшенням опадів ситуація може лише погіршуватися.

Для передчасного попередження посухи для степової зони можна рекомендувати програмний пакет DrinC.

Представлені приклади показують можливість використання індексів посух для гідрологічних розрахунків і прогнозів, перш за все меженного стоку, але потребують подальшого вивчення та аналізу взаємозв'язків між різноманітними індексами посух та станом водних ресурсів окремих територій.

Список літератури

1. Ермоленко, Н. С. та Хохлов, В. М. Оцінка майбутнього розподілу посух в Україні у період 2011–2040 рр. Фізична географія та геоморфологія, 4(80). С. 133-138.
2. Зміни поверхневого річкового стоку в Україні до 2050 р. за проєкцією регіональної кліматичної моделі РЕМО / С.В. Краковська, Н.В. Гнатюк // Геоінформатика. 2013. № 3. С. 76-81.
3. Кущенко Л.В. Оцінка дефіцитів водності та їх тривалості в басейні Південного Бугу // Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (26 – 27 листопада 2020 року). Харків. 2020. С. 80-82.
4. Лобода Н. С., Козлов М. О. Оцінка водних ресурсів річок України за середніми статистичними моделями траєкторій змін клімату RCP4.5 та RCP8.5 у період 2021-2050 роки. // Український гідрометеорологічний журнал, 2020. №25. с. 93-104. ISSN 2311-0902, 2616-7271
5. Лук'янець О.І., Ободовський О.Г., Гребінь В.В., Почаєвець О.О., Корнієнко В.О. Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України // Український географічний журнал. 2021, №1 6-14. DOI.org/10.15407/ugz2021.01.006
6. Овчарук В.А., Кущенко Л.В. Просторово-часовий аналіз меженого стоку річок зони недостатньої водності України. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions: Collective monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing", 2020. P. 223-240 doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-11
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик (СНП 2.01.14-83). Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. 447 с.
8. Сніжко С.І., Ободовський О.Г., Шевченко О.Г., Дідовець Ю.С., Куприков І.В. Технологічна схема використання водно-балансової моделі Турка для регіональних симуляцій водного стоку на довгострокову перспективу / Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Київ. 2019. №3 (54). 80с.
9. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1964. 221с.
10. Didovets I., Lobanova A., Bronstert A., Snizhko S, Maule C.F., Krusanova V. Assessment of climate change impacts on water resources in three representative Ukrainian catchments using eco-hydrological modeling. Water (Switzerland).2017. №9(3), 204.
11. Lobanova A., Lierch S., Nunes J.P., Didovets I., Stagl I., Huang S., Koch H., Rivas Lopez M. del R., Maule C.F., Hattmann F., Krusanova V. Hydrological impacts of moderate and high-end climate change across European river basin. Journal of Hydrology: Regional Studies. 2018. Vol. 18. P.15-30.
12. Nalbantis I., Tsakiris G. Assessment of hydrological drought revisited. Water Resources Management. 2008. 23(5). Pp. 881–897
13. Special Report of Working Groups I and II of the IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge and New York, Cambridge University Press 2012.
14. Svoboda M. and Fuchs B.A. Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2 / World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Geneva 2016. https://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf
15. Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. Earth Science Informatics. 2015. Vol. 8(3). Pp. 697-709. DOI: 10.1007/s12145-014-0178-y
16. Yevjevich V. An objective approach to definition and investigations of continental hydrological droughts. Fort Collins, 1967. (Hydrol. Pap. Colorado State Univ.; N 23).

References

1. Yermolenko N. S. ta Khokhlov V. M. Otsinka maibutnoho rozpodilu posukh v Ukraini u period 2011–2040 rr [Assessment of future droughts in Ukraine during 2011–2040]. Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia, 4(80). S. 133-138 [in Ukrainian].
2. Zminy poverkhnevoho richkovoho stoku v Ukraini do 2050 r. za proektsiieiu rehionalnoi klimatychnoi modeli REMO [Changes of surface river runoff in Ukraine till 2050 based on the projection of regional climate model PEMO] / S.V. Krakovska, N.V. Hnatiuk // Heoinformatyka. 2013. № 3. S. 76-81 [in Ukrainian].
3. Kushchenko L.V. Otsinka defitsytiv vodnosti ta yikh tryvalosti v baseini Pivdennoho Buhu [Assessment of water deficiencies and their duration in the Southern Bug basin] // Materialy VIII Mizhnarodnoi naukovaioi konferentsii molodykh vchenykh «Ekolohiia, neoekolohiia, okhorona navkolyshnoho seredovyshcha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia» (26 – 27 lystopada 2020 roku). Kharkiv. 2020. S. 80-82 [in Ukrainian].
4. Loboda N. S., Kozlov M. O. Otsinka vodnykh resursiv richok Ukrainy za serednimy statystychnymy modeliamy traektorii zmin klimatu RCP4.5 ta RCP8.5 u period 2021-2050 roky

[Assessment of water resources of the Ukrainian rivers according to the average statistical models of climate change trajectories RCP4.5 and RCP8.5 over the period of 2021 to 2050]. // *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, 2020. №25. S. 93-104. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.05> [in Ukrainian].

5. *Lukianets O.I., Obodovskyi O.H., Hrebin V.V., Pochaievets O.O., Korniienko V.O.* Prostorovi zakonomirnosti zminy serednoho richnoho stoku vody richok Ukrainy [Spatial regularities of change in average annual water flow of rivers of Ukraine] // *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2021. №1. 6-14. DOI.org/10.15407/ugz2021.01.006 [in Ukrainian].

6. *Ovcharuk V.A., Kushchenko L.V.* Prostorovo-chasovyi analiz mezhennoho stoku richok zony nedostatnoi vodnosti Ukrainy [Spatial-temporal analysis of the low runoff of rivers the zone of insufficient water content of Ukraine]. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions: Collective monograph. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2020. P. 223-240. doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-11 [in Ukrainian].

7. Posobie po opredeleniju raschetnykh gidrologicheskikh harakteristik [A guide to determine the calculated hydrological characteristics] (SNiP 2.01.14-83). Leningrad : Gidrometeoizdat, 1984. 447 s. [in Russian].

8. *Snizhko S.I., Obodovskyi O.H., Shevchenko O.H., Didovets Yu.S., Kuprykov I.V.* Tekhnologichna skhema vykorystannia vodno-balansovoi modeli Turka dlia rehionalnykh symuliatsii vodnoho stoku na dovhostrokovu perspektyvu [Technological scheme of using Turk's water balance model for regional simulations of water runoff in the long run] / *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroeokolohiiia*. Kyiv. 2019. №3 (54). S. 80-82 [in Ukrainian].

9. *Chebotaiev A.Y.* Hydrolohycheskyi slovar [Hydrological vocabulary]. Lenynhrad: Hydrometeoizdat, 1964. 221 s. [in Russian].

10. *Didovets I., Lobanova A., Bronstert A., Snizhko S, Maule C.F., Krusanova V.* Assessment of climate change impacts on water resources in three representative Ukrainian catchments using eco-hydrological modeling. *Water (Switzerland)*. 2017. №9(3), 204.

11. *Lobanova A., Lierch S., Nunes J.P., Didovets I., Stagl I., Huang S., Koch H., Rivas Lopez M. del R., Maule C.F., Hattmann F., Krusanova V.* Hydrological impacts of moderate and high-end climate change across European river basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2018. Vol. 18. P.15-30.

12. *Nalbantis I., Tsakiris G.* Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*. 2008. 23(5). Pp.881–897.

13. Special Report of Working Groups I and II of the IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge and New York, Cambridge University Press. 2012.

14. *Svoboda M. and Fuchs B.A.* Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2 / World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Geneva 2016. https://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf

15. *Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G.* DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*. 2015. Vol. 8(3). P. 697-709. DOI: 10.1007/s12145-014-0178-y

16. *Yevjevich V.* An objective approach to definition and investigations of continental hydrological droughts. Fort Collins, 1967. (Hydrol. Pap. Colorado State Univ.; N 23).

Исследование дефицитов водности и индексов засухи для зоны недостаточной водности Украины

Кущенко Л.В.

Представлены результаты исследования формирования дефицитов водности на реках в зоне недостаточной водности Украины. Для определения дефицитов использован «пороговый» метод, предполагающий сравнение ежедневных расходов воды в меженьный период с величинами минимального стока заданной вероятности превышения. Проанализирована динамика дефицитов во времени и их интенсивность, продолжительность и объемы. В исследовании также представлены результаты расчета различных индексов засух и проанализирована их взаимосвязь с расходами воды в период летне-осенней межени.

Ключевые слова: минимальный сток рек, дефицит водности, межень, индексы засухи.

Study of water availability deficits and drought indices for the zone of insufficient water availability in Ukraine

Kushchenko L.V.

The study of the formation of water deficits on rivers in the zone of the insufficient water content of Ukraine is presented in the article. To determine the deficits, the "threshold" method was used, which involves comparing the daily water discharges in the low water period with the values of the minimum runoff of a given probability of exceeding. Long-term data of average daily and average monthly minimum water discharges during the winter and summer-

autumn period on rivers located in different areas of river basins and significantly differing in the catchment area, namely the Southern Bug River - Oleksandrivka ($A = 46200 \text{ km}^2$), Kinska River - Pologi ($A = 353 \text{ km}^2$), Obitichna River - Primorsk ($A = 1300 \text{ km}^2$) for the observation period from 1953 to 2018 inclusive was used. In cases where runoff values were less than Q90% or Q97%, they were considered deficient (90%) or extremely deficient (97%). The dynamics of deficits in time are analyzed, and the number of such events by decades, frequency, average volume, duration, and intensity are determined. The chronological course of runoff volumes and deficits (90%) is graphically presented. Analyzing the obtained diagrams, it can be noted that naturally, the largest water deficit was observed in low-water years (below normal), and accordingly, the lack of deficit is characteristic of multi-water periods (above normal). Additionally, extreme deficits were also estimated (97%) for the Southern Bug River - Oleksandrivka township.

The study also presents the results of the calculation of various drought indices. For the rivers of the study area, using the DrinC drought calculator were calculated - the river runoff drought index (SDI), standardized precipitation index (SPI), agricultural standardized precipitation index (aSPI), drought research index (RDI), effective drought research index (eRDI), and its relationship with water discharges during the summer-autumn period was analyzed. Long-term data of average monthly water discharges at 6 hydrological gauge (Kodyma river - Katerynka river, Ingul river - Novogorozhene river, Ingul river - Sednivka village, Kinska river - Polohy town, Kilchen river - Oleksandrivka Persha village, Kalchyk river - Kremenivka village) were used as initial information and as also average monthly air temperature and monthly precipitation at 6 meteorological stations (Odessa, Kherson, Kropyvnytskyi, Zaporizhia, Dnipro, and Mariupol). Analyzing the obtained results, it can be noted that drought indices provide an opportunity to study climatic and hydrological trends, characterize drought, assess the severity of drought, and promote early assessment of the effects of drought. In particular, the SDI index correlates well with water discharges, which opens up opportunities for forecasting runoff in the dry period.

Key words: minimal river runoff, water deficit, low flow, drought indices.

Надійшла до редколегії 17.11.2021

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.4>

УДК 556.025

Сарнавський С.П., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ ЛІВОБЕРЕЖЖЯ СЕРЕДЬНОГО ДНІПРА (ВІД ПЕРШИХ ЗГАДОК ДО ДЕТАЛЬНИХ ОПИСІВ – IV СТ. ДО Н.Е - КІНЕЦЬ XVIII СТ.)

У статті подано історію досліджень лівих приток Середнього Дніпра. Розроблено періодизацію досліджень за хронологічними періодами від IV ст. до н.е. до кінця XVIII ст. Виокремлено періоди та ключові етапи досліджень річок впродовж відповідного періоду.

Висвітлено питання опису відповідних річок в період античності та середньовіччя, зокрема елементи географічного положення їх річкових систем, водного режиму, умов живлення, господарського використання, елементи річкових долин та органічний світ їхніх басейнів. Опрацьовано літописні дані та оригінальні праці вчених та політичних осіб цих часових періодів.

Детально висвітлюються питання географічного положення річкової мережі, кількості та назв річок досліджуваного суббасейну Середнього Дніпра за картами XVI-XVIII століть. Опрацьовано картографічні твори картографів Франції, Нідерландів, Італії, Московії. Особливу увагу звернено на картографічні праці французького картографа Гійома Левассера де Боллана, який розпочав новий етап у картографуванні головних лівих приток Середнього Дніпра та їхніх приток меншого порядку. На його картах вперше позначено 137 річок Лівобережжя Середнього Дніпра. Саме ним висунута теорія про формування русел лівих приток Середнього Дніпра.

Виокремлено інформацію за описовими даними Лівобережної України кінця XVIII ст. про морфометричні параметри, водний режим та господарське використання річок Лівобережжя Середнього Дніпра. Вперше подано повний каталог річок за описовими даними в межах річкових басейнів із зазначенням їхньої довжини.

Ключові слова: історія досліджень; Середній Дніпро; ліві притоки; річкова мережа; опис басейнів.

Вступ. Лівими притоками I порядку суббасейну Середнього Дніпра є 9 річок – Трубіж, Супій, Золотоношка, Ірклій, Коврай, Сула, Псел, Кагамлик та Ворскла. Якщо врахувати притоки II-V порядку довжиною від 10 км, то кількість річок в регіоні складе – 216, а якщо врахувати і найменші водотоки довжиною менше 10 км, то їх кількість зросте до 569. Загальна площа всіх лівих приток суббасейну Середнього Дніпра складає 66198 км². Сумарна середня багаторічна витрата води 9 зазначених вище річок регіону складає 120

м³/с. За цими параметрами ліві притоки Середнього Дніпра перевищують річку Південний Буг (площа басейну - 63700 км² та середня багаторічна витрата води - 109 м³/с), що підвищує цікавість до дослідження даної частини суббасейну найбільшої річки України – Дніпра.

Витоки перших гідролого-географічних узагальнень про річки регіону сягають періоду античності, а процес їх досліджень триває і на сучасному етапі.

Історія дослідження річок регіону від IV ст. до н.е. до кінця XVIII ст. досить тривала, тому для кращої систематизації інформації доцільно виокремити чотири періоди. В межах кожного із періодів можна виділити етапи, які ґрунтовно відповідатимуть перебігу формування уявлень про ліві притоки Середнього Дніпра – табл. 1.

Таблиця 1. Періодизація досліджень лівих приток Середнього Дніпра за хронологічними періодами

№ з/п	Період гідролого-географічних досліджень	Часові межі періоду	Етап гідролого-географічних досліджень	Часові межі етапу
1.	Описовий період накопичення первинної інформації про річки	IV ст. до н.е. до V ст. н.е.	1.1. Грецький	IV – I ст. до н.е.
			1.2. Римський	I ст. до н.е.- V ст. н.е.
2.	Період отримання перших достовірних даних про річки	VI ст. – XV ст.	2.1. Візантійсько-скандинавський	VI – X ст.
			2.2. Руський (Київська Русь)	X-XIII ст.
			2.3. Європейський	XIII-XV ст.
3.	Період створення перших картографічних творів із позначенням гідрографічної мережі регіону	XVI ст. – XVII ст.	3.1. Етап «помилкових» карт	XVI - 40 pp. XVII ст.
			3.2. Поява достовірних карт	40 pp. XVII ст. – 80 pp. XVII ст.
			3.3. Етап стагнації у наповненні карт	80 pp. XVII ст. – 60 pp. XVIII ст.
4.	Період систематизації достовірної інформації про річки	XVIII ст.	4.1. Каталогізація річок в межах адміністративних регіонів	60 pp. XVIII ст. - 90 pp. XVIII ст.
			4.2. Початок створення детальних карт гідрографічної сітки адміністративних регіонів	з 90 pp. XVIII ст.

Першим хронологічним періодом був описовий. В цей час з'являються перші згадки та різномірні дані про річку Дніпро та його притоки в середній течії. Даний хронологічний період починається від IV ст. до н.е. і триває до V ст. н.е. В його межах виокремлюємо два етапи – **грецький (IV – I ст. до н.е.) та римський (I ст. до н.е. - V ст. н.е.)**, які пов'язані із описом досліджуваних річок античними грецькими (Геродотом, Скимном Хіоським) та римськими (Страбоном, Помпінієм Мелою, Плінієм Старшим, Клавдієм Птолемеєм, Амміаном Марцеліном) науковцями.

Праці античних мислителів були описового характеру, містили багато неточностей та вигаданих фактів, але з іншого боку, вони зберігають і перші фрагментарні описові дані про найбільшу річку України. Зокрема, в праці «Історія» книги IV Мельпомена, давньогрецький історик Геродот зазначає розміри Дніпра, як однієї із найбільших річок в Ойкумені після Нілу

та Дунаю (Істру). В його праці також згадується місцевість Герр, що співставна із дніпровими порогами. Зазначається, що Дніпро тече із півночі на південь та розпочинає текти із північних районів сучасної України [11].

Подібну описову характеристику річці Дніпро надає Скимн Хіосський (I ст. до н.е.). В праці «Подорожі» він пише, що Дніпро судноплавний на протязі 40 днів плавання від його гирла, але у верхній течії часто замерзає та покривається льодом [11].

Схожі описи Дніпра знаходимо в цей час і в давньоримського географа Страбона (I ст. до н.е.): «*Борисфен – річка судноплавна на протязі 600 стадій... витік Борисфену знаходиться далеко на півночі... Вся країна між Борисфеном та Меотійським озером (Азовське море), холодна*». Римський географ Помпіній Мела (I ст. до н.е.) також надає опис Дніпра: «*Річка Борисфен обтікає народ свого імені, а між річками Скіфії найкраща, при каламутності інших найчистіша, тече спокійно...*». Тобто бачимо, що надається перший опис водного режиму річки Дніпро – явища льодоставу, надається характеристика течії річки і кліматичних умов території, де вона протікає [11].

Пліній Старший та Клавдій Птолемей (I-II ст. до н.е.) також описують долину Дніпра і навіть зазначають координати населених пунктів, в тому числі і в середній течії Дніпра. А Пліній Старший ще й надає опис торгівлі по Дніпру від гирла Прип'яті до міста Ольвії, що знаходилося в районі сучасного м. Очаков [11].

В IV ст. римський історик Амміан Марцелін говорить про те, що: «*Борисфен... повноводний в своїх верхів'ях і посиленій впадінням до нього багатьох рік*». Цим висловом він робить першу згадку про притоки Дніпра [11].

Із VI ст. по XV ст. тривав період отримання перших достовірних даних про річку суббасейну, який в хронологічному плані співставний із періодом середніх віків. В межах даного періоду виокремлюємо три етапи: візантійсько-скандинавський (VI – X ст.), руський (X-XIII ст.) та європейський (XIII-XV ст.).

Для візантійсько-скандинавського етапу характерні історичні згадки про водний режим Дніпра, можливість судноплавства, перелік населених пунктів, що розміщувались в його долині та органічний світ на його берегах. Дану інформацію знаходимо у візантійських хроніках та скандинавських рунах.

В IX-X ст. ст. скандинавські та візантійські історичні джерела описують регіон Середнього Подніпров'я, як торговельний водний шлях «із варяг у греки». Скандинави називають регіон Києва і його околиці «Гардаріка» - земля міст. Назва Гардар (Gårdarna) також з'являється на шведських рунічних каменях епохи вікінгів. Згадують і південні рубежі Середнього Дніпра – дніпрові пороги, зокрема відомий напис про них з готландських рунічних каменів, де сказано: «*Вони дійшли до Айфура*» [9].

Ці відомості можна також знайти у праці імператора Костянтина VII Багрянородного «De administrando imperio» («Як управляти імперією»). Він розповідає про те, як руси їздили з Києва до Візантії. В червні місяці (коли вода досить спадає після танення снігів) мандрівники з'їжджаються з усіх місць в Київ, а звідти вже всі разом вирушають в дорогу, минаючи фортецю Витачів. На південь від Києва Дніпро тече широко і спокійно, але, перш ніж досягти Чорного моря, доводиться минути сім порогів. Через деякі з них човни проводяться з особливою обережністю, але, щоб подолати інші, такі, як, наприклад, Айфур («...на слов'янській мові ж *Ненасит (Ненаситець), так як в каменях порогу гніздяться пелікани*»), човни доводиться тягти волоком або нести на собі сушею [18].

На другому етапі періоду отримання перших достовірних даних про ліві притоки Дніпра пальма першості переходить до літописних даних Київської Русі.

Так, вперше детальну інформацію про притоки Середнього Дніпра знаходимо в Іпатіївському літописі XII ст. 988 роком датується згадка про ліву притоку Дніпра – Трубіж із її притокою Альтою (1015 р.), згодом про річку Супій (1136 р.), Сулу, Псел (1111 р.) із Хоролом (1107 р.) і Говтвою (1111 р.) та Ворсклу (Ворбскла або Всколь, 1111 р.) із притокою Мерло (1183 р.). Зазначається, що всі згадані притоки Дніпра є судноплавними, хоча багато з них сьогодні є такими, що міліють влітку або взагалі пересихають, наприклад, річка Говтва. Дуже часто згадується річка Сула, як прикордонна територія – Посулля та земля проживання племені сіверян. Описуються річки Сула та Трубіж в контексті захоплених територій Володимиром Великим та як водні транспортні артерії, що використовувались

русичами. Всі ключові ліві притоки Середнього Дніпра згадуються в контексті міст, які розташовані на їх берегах, зокрема: на Трубежі – Переяслав (907 р.), на Сулі – Пісочин (Песочень, 1172 р.), Лубни (Лубно, 1107 р.), Жельдь (1116 р.), на Ворсклі – Лтава (1174 р.) [11].

Після занепаду Київської Русі під натиском татар, у XIII- XV століттях триває третій етап досліджень зазначеного періоду – європейський. Саме в цей час отримуємо фрагментарну інформацію від подорожей європейців, особливо італійців, що мандрували територією Лівобережжя України та річками цього регіону.

Так, взимку 1245 року італійський місіонер Джованні Да Плано Карпіні, перетнув басейн Середнього Дніпра від Києва на півночі до дніпровських порогів. В своїй праці «Історія монголів, яких ми називаємо татарами» описав водний режим Дніпра, зокрема згадав про період льодоставу та значну потужність льодового покриву, особливо біля берегів річки. Автор зазначив, що річка є дуже великою, протікає по великій рівнині та впадає до Чорного моря. Відзначається також велика кількість риби у Дніпрі [6].

В XV ст. Дніпро нижче Черкас перетинав венеціанський посол Амвросій Контаріні, який направлявся до Персії через українські землі. 15 травня 1474 року, він на плоту переправився із правого на лівий берег Дніпра та надав наступний опис: «...при значній своїй глибині, має (Дніпро) більше миль в ширину». Тобто дізнаємось реальні розміри Дніпра в його середній течії (більше за 1 венеціанську милю, а це 1739 м) [11].

В XVI ст. – XVII ст. розпочалась робота по картографуванню регіону Середнього Дніпра. В цей час створюються перші картографічні твори із позначенням гідрографічної мережі досліджуваного регіону. Але в межах цього періоду із XVI ст. – до 40-х рр. XVII ст. географічні карти були не досконалими і мали багато помилок із позначенням назв, напрямку русел річок, відношення річок до інших басейнів, передачі їхньої довжини та взагалі географічного розташування. Лише із 40-х рр. XVII ст. з'являються більш досконалі географічні карти, які відображають досить точно систему річкової мережі, позначають значну кількість приток основних річок Лівобережжя Середнього Дніпра.

Перше зображення річок суббасейну Середнього Дніпра знаходимо на карті-кресленні Московії італійця Паоло Джовіо в 1525 році, що розміщена в книзі «De legatione Basilii Magni Principis Moschoviae ad Clementem VII» («Маленька книжка про посольство Василя Великого, князя московського до Климента VII»). На даній мапі вперше зображено ліві притоки Середнього Дніпра – Псел та Ворсклу. Якщо система річок вірно зображена в межах системи басейну Дніпра, то назви Псла та Ворскли переплутані місцями [29].

На портолані 1550 року басейну Чорного моря - Баттісти Агнесе, італійця із Генуї можемо побачити позначення ключової притоки Середнього Дніпра – Псла. Картограф відображає подібність форми русла, вірно показує ключовий напрямок річки. Також зображено, що річка протікає по низинній території, яка прилягає до лівого берега Дніпра, тобто в межах сучасної Придніпровської низовини [21].

Карта королівства Польського та прилеглих земель Себастьяна Мюнстера видана в Базелі в 1550 році, зображує головну притоку Середнього Дніпра – річку Псел, проте не досконало передає її довжину у порівнянні з іншими річками. Наприклад річка Оріль позначена вдвічі більшою за Псел, хоча її довжина, навпаки, в два рази менша від довжини Псла. Регіон між Пслем та Десною позначено як густий ліс [7].

На мапі «Нова карта Московії» [Moschovia Nuova Tavola] — створеної Ґастальді та розтиражованої Рушеллі у Венеції в 1562 році, зображено дві річки досліджуваного суббасейну – Сулу та Псел. Хоча їх назви і не позначені на мапі, проте їх можна ідентифікувати за містом Лубни, яке позначено на карті. Карта показує місця витоків із високо піднятої території (сучасна Середньоросійська височина). Вірно позначено також їх ключовий напрямок, проте річище Дніпра, куди впадають дані річки, досить деформоване та укорочене [28].

В 1568 році видається карта «...dirego della seconda...» венеціанця Пауло Форлані, де позначено дві великі притоки Середнього Дніпра – Псел та Ворсклу, які протікають із північного сходу на південний захід. Довжини річок позначено майже однаково. Місце впадіння Ворскли позначено значно південніше гирла річки Тясмин, а Псла - навпроти річки

Рось, що теж є невірним [31].

В 1580 році на мапі французького купця Мотієля, який їздив через Україну в Туреччину, вперше позначено русла всіх значних лівих приток Середнього Дніпра – Ворскли (ідентифікуємо по місту Полтава), Псла, Сули із притокою Удай, Супою та Трубежу. В долинах цих річок вперше бачимо позначення їхніх найбільших приток: у Ворскли, найімовірніше, річку Мерло, а в річки Псел - її ліву притоку Хорол. Русло самого Дніпра також більш точно зображено та зберігає його реальний напрямок та форму, а, наприклад, річка Супій впадає в Дніпро навпроти річки Рось, що також є правдивою інформацією [19].

На картах Східної Європи фламандців Герарда Меркатора 1595 року та Йодока Хондіуса в 1620 році позначаються дві річки суббасейну Середнього Дніпра – Ворскла та Псел. Карти доповнюють інформацію, що подана на картах Пауло Форлані та Ґастальді/Рушеллі. Знову бачимо неточності - Псел впадає в Дніпро в районі Черкас, а Ворскла має своє гирло північніше за річку Тясмин [35-36].

На карті голландських картографів Гесселя Геррітца та Вілля Янсзона Блау «Magni Ducatus Lithuaniae Caeterarumque Regionum Illi Adjacentium ...» 1613 року вперше знаходимо позначення таких річок із їх назвами як Трубіж з Ільтицею та Сула із притокою Удай. Форма та розміри річок подано правдоподібно, та й система географічних координат даної карти є більш точною, ніж у її попередників [40].

В 1627 році видається перша карта Московської держави «Велике креслення», яка була складена на вимогу царя Івана IV Грозного, а до неї додається опис у вигляді книги. В книзі описуються прикордонні межі західної частини Московії в тому числі із Річчю Посполитою, а кордон між обома державами тоді проходив в межах Лівобережжя басейну Середнього Дніпра.

В даному джерелі описується географічне розташування головних лівих приток Дніпра, таких як Ворскла, Псел, Сула, Супій, Трубіж та Келеберда (Кобильник). В басейні Ворскли згадуються її притоки – Ворсклиця (Ворсколь), Гостинка (Гостиница), Руда, Гайворонка (Гравороновь), Мерло із притокою Мерчиком, Рябина (Рабина), Братиця (Братеница), Котельва та Коломак. В басейні Псла перераховуються річки Хорол, Пселець, можна також ідентифікувати річки Говтву та притоку Хоролу – Хомутець. В басейні Сули згадуються річки – Боромля (Буромля), Удай (Уда), Лохвиця, Ромень, Перевід та Журавка (в контексті населеного пункту). У «Великому кресленні» зазначаються напрямки річок, місця їх впадіння, їх довжина і відстань одна відносно одної. Дана картографічна та описова праця є першою в своєму роді, яка подає детальну, але фрагментарну інформацію про притоки II і III порядку річок басейну Середнього Дніпра [4].

До «Великого креслення» було додано додаток із карти «Креслення містами українськими і черкаськими від Москви до Криму», на ній зображено ліві притоки Середнього Дніпра із їх притоками – табл.2 [9].

В 1635 році у Лондоні голландець Генрік Гондіус видає карту «Novissima Russiae Tabula» із нанесеними річками Середнього Дніпра – Трубіж (з його притокою Ільтицею), Сула та Ворскла [26].

В Амстердамі 1635 році видано карту Дніпра, Віллем Янсзоном Блау, яка мала назву «Lectori S. Hunc Borysthenis tractum ut ad nostrum Geographiae tabulam...». На ній позначено долину Дніпра від впадіння річки Супій до Дніпровсько-Бузького лиману. Детально показано саме середню течію Дніпра із гирлами його найбільших лівих приток – Супою, Сули, Псла та Ворскли. Цікавий факт, річка Хорол, яка повинна впадати в Псел, на карті позначена окремою річкою, що безпосередньо впадає в Дніпро. В межах Середнього Дніпра в руслі річки знаходимо позначення островів – Баба (оскільки там розміщувалась кам'яна половецька баба) та острів Вільний (Wolczny ostrov). Загалом на ділянці від Черкас до гирла Ворскли нараховуємо 25 островів [41].

Картограф Йоганн Янсоніус на власній карті «Taurica Chersonesus, Hodie Przepopsca, at Gazaga dicitur», виданій в Амстердамі в 1644 році, також позначає всі річки Лівобережжя Середнього Дніпра, але не дотримується їхніх пропорцій по довжині між собою. Так найбільшими річками на його мапі є Ворскла, Сула та Трубіж, а такі річки як Псел, Супій та Хорол занадто зменшені в розмірах, і приблизно однакові за довжиною [27].

Таблиця 2. Річкова мережа лівих приток Середнього Дніпра із карти «Креслення містами українськими і черкаськими від Москви до Криму»

Назва річки	Притоки позначені на карті
Ворскла	Боромля, Олешна, Охтирка, Мошенка, Хухра, річка без назви (ймовірно Пробойна), Котельва (із притокою Котелевкою), Мерло (із Мерчиком), Коломак
Псел	Лежець (Пселець), Обоянь (Обоянка), Судежа (Суджа), Гусино озеро, Сума (із притокою Сумкою), Лебедин, Мокра Грунь (із притокою Сухою Грунню), Хорол
Сула	Ромень, Лохвиця, річка без назви (ймовірно Сулиця), Ударь (Удай) із притоками – Чернь (Іченька), Галиця (Галка), Гороховець (Іржавець), Оржиця
Золотоноша	Ірклівка (Ірклій)
Супій	-
Трубіж	Ільтиця (Альта)

Новий етап у картографуванні річок суббасейну Середнього Дніпра пов'язаний із діяльністю французького інженера Гійома Левассера де Боплана, який в 1648 році створив карту «Загальний опис Диких Полів, іншими словами — України», в оригіналі «Delineatio generalis Camporum Desertorum vulgo Ukraina». Йому найкраще із картографів XVII століття вдалось передати розміри, форму та географічне розташування річок регіону. Гідрографія регіону настільки вдало зображена, що її можна порівняти із сучасними картами. На карті вперше позначено притоки Дніпра від I до IV порядку, а річки I-III порядків нанесено на мапу із власними назвами, чого ми не бачимо в жодного картографа до цього часу. В басейні Ворскли позначаються наступні її притоки – Гайворонь, Рябина, Олешня, Мерло, Коломак. В басейні Псла – Сироватка, Сумка, Грунь, Говтва та Хорол. В басейні Сули Боплан виділив наступні головні притоки – Сулка, Терн, Дригайлиха, Сухий Ромен, Бобрик, Рашівка, Олава, Лохвиця, Удай та Оржиця. В басейнах Супою та Трубежу назви їх приток не зазначаються. Загалом на карті Гійома Левассера де Боплана позначено русла понад 120 річок суббасейну Середнього Дніпра [22].

Гійом Левассер де Боплан в 1630-1640-х роках сам відвідав території українських земель і склав детальний опис України – «Description d'Ukraine», надрукований в 1650 році. В своєму описі українських земель він зазначає про ліві притоки Дніпра - Псел та Ворсклу: *«На милью нижче Кременчука знаходиться гирло Псла, дуже багатого рибою; нижче нього... впадає річка Омельчик, в якій водиться багато раків; нижче Омельчика тече інший Омельник, річка також переповнена раками. Проти неї впадає в Дніпро Ворскла, досить велика і рибна річка...»*. А також згадує і про Супій та Сулу в наступному контексті: *«Перейдемо тепер до того, що зустрічалося мені найбільш приємного по ту сторону Дніпра, де протікають дві річки Сула і Супій, що обоє впадають в Дніпро»* [3].

В описі України також зазначаються особливості рельєфу в межах Лівобережжя Середнього Дніпра. Басейни річок Сули, Псла та Ворскли являють собою низинну та піщану територію і лише верхів'я цих річок мають більші підвищення в рельєфі. Тому територія Придніпровської низовини має незначний нахил в бік Дніпра, через що перелічені річки мають повільну, ледь помітну течію. Робиться припущення, що Придніпровська низовина могла бути затоплена водами Чорного моря в минулі періоди. Це одне із перших припущень про причини формування русел річок Лівобережжя Середнього Дніпра. Гійом Левассер де Боплан також відзначає, що судноплавним в межах регіону є лише Дніпро, і то тільки до дніпровських порогів [20]. Підтвердження слів про неможливість судноплавства річками Сулою, Пслем та Ворсклою в даний історичний час, знаходимо в праці французького

історика XVII ст. Жан-Бенуа Шерера, який в своїй праці «Аннали Малоросії, або Історія запорозьких і українських козаків» говорить: «...Псло (Псел),...Сула...та Ворскла (впадають) у Дніпро. Це річки важливі, вони були б судноплавні, якби греблі млинів, збудованих на них, не заважали рухові.» [17].

Більш точною із погляду гідрографії лівих приток Середнього Дніпра є карта Київського воєводства Гійома Левассера де Боплана 1659 – 1685 рр. під оригінальною назвою «Ukrainae pars quae Kiovia Palatinatus vulgo dicitur». На даній карті детально зображено у більшому масштабі гідрографію регіону дослідження, а особливо лівих приток Середнього Дніпра – Ворскли, Псла, Сули, Супою, Трубежу та інших більш дрібних річок – Золотоноші, Кропивної та Кагамлика.

На даній карті позначено назви 82 річок лівобережжя Середнього Дніпра, що для кінця XVII ст. є найбільш детальним картографічним зображенням. Тому відзначаємо, що картографічні твори Гійома Левассера де Боплана мають унікальну та детальну інформацію про гідрографію басейну Середнього Дніпра, особливо його лівобережної частини. В сукупності на карті Київського воєводства позначено 137 річок Лівобережжя Середнього Дніпра. В басейні Сули нанесено контури – 50 річок, Псла – 32, Ворскли – 30, Трубежу – 13, Супою – 7, Золотоноші – 2, Кропивної – 2 та Кагамлику – 1– табл. 3 [38].

Таблиця 3. Річкова мережа лівих приток Середнього Дніпра із карти Гійома Левассера де Боплана «Ukrainae pars quae Kiovia Palatinatus vulgo dicitur» 1659 – 1685 рр.

Назва річки	Її притоки I порядку	Її притоки II порядку
Ворскла	Назви річок, позначених на карті	
	Гайворон	
	Ворсклиця	
	Рябина	
	Братиця	
	Боромля	
	Сосонка	
	Рзєбніца (Рябина)	
	Буймер	
	Гусинеця (Гусинець)	
	Олешня	
	Охтирка	
	Хухра	
	Котельва	Суха Котельва
	Більськ (Більський струмок)	
	Мерло	Трюханівка, Колонтаївка, Грузька, Мерчик
	Коломак	Свинківка
Тагамлик		
Полузир'я		
Великий Кобилячок		
Кустолов		
Псел	Назви річок, позначених на карті	
	Сумка	Ільма, Локна
	Сироватка	
	Ворожба	
	Істороп	
	Ольшана	
	Будилка	
	Бобрик	
Веприк		

Назва річки	Її притоки I порядку	Її притоки II порядку
	Грунь	
	Лютенька	
	Борек (Грунь-Ташань)	Гунь Груньська, Грунь, Суха Грунь
	Хорол	Липа
	Говтва	Вільхова Говтва, Суха Говтва
Сула	Назви річок, позначених на карті	
	Сулка	
	Терн	Біж, Куриця (Курка), Бобрик
	Дригайлиха	
	Хусь	
	Сухий Ромен	Басанка (Гайворон), Голубівка (Галюнка)
	Бобрик	
	Рашівка	
	Лохвиця	
	Крем'янка (Артополоть)	
	Удай	Многа, Лісогор, Утка, Смож
	Войниха (Солониця)	
	Сліпорід	
Оржиця	Суха Оржиця, Чумгак	
Супій	Назви річок, позначених на карті	
	Іржавець	
	Бутівщина (Ташанка)	
Трубіж	Назви річок, позначених на карті	
	Недра	Березанка (Березна)
Золотоноша	Назви річок, позначених на карті Відсутні	
Крапивна	Назви річок, позначених на карті Відсутні	

Починаючи із 1680-х рр., після картографічних праць Гійома де Боплана, помічасмо початок етапу стагнації у зображенні гідрографічної сітки лівих приток Середнього Дніпра. Французькі, голландські, італійські, німецькі та російські картографи не змогли перевершити доробок французького військового інженера. На своїх мапах 80 рр. XVII ст. – 60 рр. XVIII ст., вони роблять аналогічні помилки, які допустив Гійом де Боплан. Як виняток можна зазначити лише позначення на їхніх картах річки Ірклій та гирла річки Золотоноші, яка впадає у Дніпро.

В 1665 році видано карту Європейська Татарія, так звана Мала Татарія (Tartarie Europeenne ou Petite Tartarie) француза Ніколи Сансона, де зображено фрагмент території України (Україна, земля козацька) в оригіналі Ukraine pays des Cosaques. Автор використав за основу карту Гійома Левасера де Боплана. На карті чітко зображено ключові ліві притоки Середнього Дніпра – Ворсклу, Псел, Сулу, Золотоношку, Супій та Трубіж. В басейні Сули виділено найбільшу праву притоку – Удай, в басейні Псла – праву притоку – Хорол. Загалом гідрографічна сітка правильно зображена, довжини рік відповідають пропорційній їх довжині, виокремлено найбільші лісові масиви в басейнах Ворскли, Псла, Хоролу, Супою, Трубежу, Удаю. В басейні Ворскли зображено її найбільші ліві притоки (з півночі на південь) – Братицю, Мерло та Коломак, в басейні Псла виділено дві найбільші притоки – Хорол та Говтву, в басейні Сули позначено праві притоки – Терн, Ромен, Удай, Оржицю (із власною

правою притокою - Чумгак) та друге русло Сули – річку Сулиця, а в межах басейну Трубежу виділено ліву притоку Березань [34].

В 1670 році голландець Карло Алард видав карту Речі Посполитої (*Regni Poloniae magni ducatus Lithuaniae*), вона також в загальних рисах зберігає особливості гідрографічної мережі лівих приток Середнього Дніпра, що зображуються на карті Гійома Левассера де Боплана «*Ukrainae pars quae Kiovia Palatinatus vulgo dicitur*». Бачимо зображення тих самих річок в межах ключових басейнів. В межах Ворскли – Гайворон, Братиця, Рзебніца (Рябина), Буймер, Хухра, Мерло (з притокою Мерчик), Тагамлик, Полузір'я, Коломак (із притокою Свинківка). Варто зазначити, що річка Коломак та її притока Свинківка переплутані місцями, як і на мапі Гійома де Боплана. В басейні Псла зображено її ключові притоки – Сироватка, Грунь, Хорол (в оригіналі Король), Говтва (з притокою Сухою Говтвою). В басейні Сули зображені ріки – Терн, Сухий Ромен, Удай (який сполучений із рікою Остер у своїх верхів'ях, що співпадає із мапою Гійома де Боплана), Суха Оржиця (з притокою Чумгак). Копіює автор у Гійома Левассера де Боплана і гідрографічну сітку річок Золотоношки та Крапивної, які не впадають до Дніпра, а належать до басейну внутрішнього стоку. Ще одним маркером слугує зображення річки Келеберди в районі м. Кременчука та зображення подібного контуру русла притоки Трубежу – Березані. Масиви лісу в басейні Дніпра південніше від Києва також аналогічні карті Гійома Левассера де Боплана «*Ukrainae pars quae Kiovia Palatinatus vulgo dicitur*» [23].

В 1674 році французький картограф Гійом Сансон, син Ніколи Сансона, створює карту "La Russie Noire ou Polonoise qui Comprend les Provinces de la Russie Noire de Volhynie et de Polodie divisees en leurs Palatinats Vulgairement Connues sous le Nom D'Ukraine ou Pays Des Cosaques" (Мапа Чорної Русі, Волині, Поділля. Україна - держава козаків"). Аналогічна французьким картам-попередникам його батька Ніколи Сансона та Гійома Левасера де Боплана [33].

В 1684 році італієць Джакомо Кантеллі да Віньола створює карту Європейська Тартарія або Мала Тартарія (*Tartaria d Europa ouero Piccola Tartaria*), яка в загальному зображає мережу лівих приток Середнього Дніпра – Трубежу, Супою, Сули, Псла та Ворскли з їх притоками. Ця карта дуже нагадує карту Гійома Сансона. Відомо, що обидва картографи були знайомі, а отже могли скористатись роботою один одного [24].

Протягом XVIII століття з'являється низка картографічних творів голландських картографів - П'єра ван дер Аа (*Ukraine grand pays de la Russie Rouge avec une partie de la Pologne, Moscovie – 1710 p.*), Абрахама Алларда (*Ukraine – 1710 p.*), французького картографа – Гійома Сансона (*Ukraine ou Palatinat de Kiowie – 1711 p.*), а також німецьких картографів - Йоганна-Баптиста Гоманна (*Vkrania que terra Cosaccorum – 1720 p.*), Матеуса Зойтера (*Nova et accurata Turcicarum et Tartaricarum Provinciarum – 1740 p.*), Тобіаса Конрада Лоттера (*Amplissima Ucraniae regio Palatinatus Kioviensem et Braclaviensem complectens cum adiacentibus provinciis – 1760 p.*). Всі ці картографічні видання, що стосуються досліджуваного регіону лівих приток Середнього Дніпра, продовжують традицію карти Київського воєводства Гійома Левассера де Боплана 1659 – 1685 рр. На більшості з них допущено ті ж помилки, а покращення деталізації річок регіону не відбувається. Жодному із картографів XVIII століття не вдається перевершити роботу французького інженера, який зобразив окрім лівих приток Дніпра і їхні притоки I та II порядку, а також зазначив річкові броди, які найкраще можна використовувати для подолання течії головних лівих приток Дніпра. Єдиним суттєвим доповненням до його праці картографами XVIII століття було нанесення річки Ірклій та позначення впадіння річки Золотоноші в Дніпро [20, 25, 30, 32, 37, 39].

З 1730-х рр. картографи Російської імперії намагались почати традицію картографування власних володінь. Так з'являється Генеральна карта Російської імперії, складена Іваном Кириловичем Кириловим в 1734 році. Але про деталізацію гідрографічної мережі лівих приток Дніпра складно говорити. Бачимо намагання зобразити напрями 5 головних річок регіону – Трубежу, Супою, Сули (з Терном, Сухим Роменом та Удаєм), Псла (з Сироваткою, Ворожбою, Лютенькою, Бореком та Хоролом) та Ворскли (з Мерлом, Коломаком та Полузір'ям), але річки подані без зазначення їх назв. Згодом бачимо позитивну динаміку покращення зображення гідрографічної мережі на Поштовій карті

Російської імперії 1760 р., яка була складена під керівництвом Трескоти. На карті надано реалістичне зображення річкової мережі Лівобережжя Середнього Дніпра, але з допущенням ключових помилок – довжини рік не відповідають дійсності - Ворскла укорочена та співставна з довжиною Хоролу, а ріки Сула та Оржиця навпаки перебільшені в своїх розмірах [1, 14].

У 1760-х рр. регіон суббасейну Середнього Дніпра опинився під контролем Російської імперії, влада якої була дуже зацікавлена в детальному описі та каталогізації річок з метою їх використання в судноплавстві та інших галузях економіки. Так розпочинається наступний хронологічний період - систематизації достовірної інформації про річки на вимогу держави.

В цей час побачили світ перші детальні описи річок Київського, Чернігівського, Харківського намісництв та Малоросійської губернії в період з 1775 по 1800 рр., а на основі цих даних було складено детальну карту річкової мережі в межах намісництв та повітів - «Російський атлас, з сорока чотирьох карт складається і на сорок два намісництва імперію розділяє».

В 1775-1786 рр. виходить в світ «Географічний опис міста Києва...і географічного опису всього Київського намісництва загалом із всіма його повітами» складений поручником Київського гарнізону Василем Івановичем Новгородцовим, де подається детальний опис стану поверхневих вод по повітах Київського намісництва, з показниками ширини, глибини та водного режиму річок. В даному географічному описі згадано більшість приток Лівобережжя Середнього Дніпра, які на той час протікали в межах Київського намісництва, а це, зокрема – Трубіж із притоками Альтою та Недрою, Супій, Золотоноша, Крилей (Крилій), Цибля, Горюховка, Сула з притоками Удаєм та Оржицею, Псел із притоками Хоролом та Говтвою. Зазначається місце витoku та впадіння головних річок Середнього Дніпра, вказується їх загальна довжина, територія розташування в межах Київського намісництва, ключові притоки, робиться опис прибережного рельєфу берегів річок, вибірково надається характеристика їх водного режиму та описується біологічне різноманіття. Так дізнаємось, що річка Трубіж (Трубайло) мала довжину 100 верст, а її головними притоками були Мокриця (70 верст), Стариця (24 версти), Недра із притокою Березанкою (25 верст), Альта (зараз Ільтиця) (46 верст), Карань (30 верст), Броварка (22 версти) та Бобровиця (зараз Бистриця).

Про Супій дізнаємось, що довжина річки складала 180 верств, а її притоками були річки Ковраєць (30 верст), Малий Супієць, Великий Супій із притокою Ржавець, Фарбована (2 версти), Ташанка (6 верст).

Річка Золотоноша простягалась на 60 верст, а головними її притоками були річки Кропивка (45 верст) та Згар (20 верст) із власною притокою Бусловець (18 верст).

Річки Кропивна (70 верст), Крилей (зараз Ірклій) (50 верст), Цибля (45 верст) та Горюховка (8 верст) впадали безпосередньо в Дніпро між річками Супій та Сула.

Річка Сула довжиною в 300 верст та шириною в 30-40 аршин, під час весняного водопілля розливається на 1 версту. В басейні Сули перераховуються її притоки Оржиця, Удай, Булатець (12 верст), Вільшанка (12 верст), Буромка (20 верст), Крива Руда, Сліпорід (30 верст) із притоками Великий В'язовець (14 верст) та інша притока Сули – Суха Солониця (8 верст) із притокою Солоницею (20 верст). Притока (Сира) Оржиця (90 верст) в свою чергу приймає притоку Чумгак (80 верст) із власною притокою Суха Оржиця (25 верст), Чумгань із притокою Бояркою (25 верст) та Журавкою (15 верст). Притока Сули Удай приймає притоки Перевід (55 верст) із притокою Рудою (25 верст), Многа (в Пирятинському повіті 20 верст), Журавка (15 верст), Лутайка (4 версти), Вільшана (15 верст). Річка Сула не відзначається своєю повноводністю.

Річки Кагамлик та Погоріла знаходиться між річками Сулою та Псллом та безпосередньо впадають в річку Дніпро. Довжина річок складає 35 та 10 верст відповідно.

Річка Псел (від Миргородського повіту до гирла довжиною 110 верст) мала притоки – Омельник (20 верст), Хорол (довжина майже 200 верст та ширину в 40-60 аршин, під час весняного водопілля розливається на 1 версту), Грунь та Говтва (13 верст в межах Голтвянського повіту). В долині Груні перераховані і струмки (а фактично малі річки) – Царівка (15 верст), Дубровка (більше 15 верст), Ковалівка (15 верст), Ілімова (5 верст).

Басейн річка Грунь заболочений та зарослий очеретом. В басейні річки Говтви згадується струмок (а фактично мала річка) Говтва (11 верст). В межах Хоролу – Хомутець (22 версти), Рівчак (1 верста), Руда (8 верст), Храпачка (4,5 верст), Четало, Скажений, Мостище (по 3 версти), Комишня (4 версти), Гремяч (Гремячка), Рудка, Овнянка (Вовнянка) (21 верста), струмок під селом Ковалі, Лагодин Став, друге русло Хоролу біля села Вишняки та струмок через село Шишаки (біля міста Хоролу). Струмок Мостище глибиною в 2 сажні, а Четало та Скажений, влітку пересихають. Сама річка Хорол заросла очеретом і влітку місцями пересихає, що її можна пройти в брід [11].

В 1785 році видається «Опис Київської губернії загалом і по повітах річок, озер, боліт та гір», який надає опис поверхневих вод Київської губернії, особливу увагу в ньому відводиться головним річкам.

Досить детальна інформація надається про параметри долини Середнього Дніпра. Зокрема дізнаємось, що найбільша річка губернії часто змінює своє русло та утворює численні острови між своїми рукавами. Щороку змінюється напрямок потоків, а також лінія фарватеру. Загалом відстань між островами коливається від 200 сажнів (427 м) до 800 сажнів (1706 м), ширина фарватеру складала на ті часи – від 80 сажнів (171 м) до 200 сажнів (427 м). Глибина річки в межах фарватеру становила – 2-5 сажнів (4-10 м). Під час весняної повені річка розливається на 4-8 верст і затоплює значні території (4,3-8,5 км), а рівень води в річці зростає до 8,5-9,5 аршини (6-7 м). Надається характеристика водного режиму Дніпра – льодостав настає наприкінці грудня, а інколи і в січні, льодохід розпочинається в середині березня, в найглибших частинах взагалі може не замерзати і залишає ополонки [11].

До середніх річок лівого берега Середнього Дніпра в описі зараховуються – Трубіж, Сула, Супій, Псел, Хорол, Удай, Перевід, а малими річками називають – Золотоношу, Крапивну, Ірклій, Грунь, Сулицю, Мокру Оржицю, Великий Чумгак, Многу та Недру. Надається опис їхнього географічного розташування – витоку, гирла, основного потоку річища, характеристику русел та водного режиму – табл.4 [11].

Відзначається, що на всіх перерахованих середніх і малих річках побудовані загати і діють водяні млини. Особливо значна кількість їх знаходилась в руслах річок – Трубіж, Хорол, Удай, дещо менша кількість відзначається – на Сулі, Супої, Пслі та Переводі [11].

В 1785 році Лазаревський Олександр Матвійович в праці «Описание рек Черниговского наместничества» надає досить детальний опис річок Чернігівського намісництва, яке охоплювало значну частину Лівобережної України. Дана праця має велике значення, так як надає не звичайний опис, як в попередніх авторів, а використовує широкий і всеохоплюючий підхід до опису річки, а саме: географічне розташування із прив'язкою до населених пунктів; опис басейнів річок із їх притоками нижчого порядку; водний режим річки, її морфометричні параметри – ширину та глибину (в період літньої межени та весняного водопілля), довжину річки, розмір заплави, характеристику дна, історичний опис річки. Цікаву інформацію, дізнаємось про річки, які зникли на той час і причини цих явищ, надається характеристика обміління і заболочення річок регіону дослідження. Окрім самих річок надається характеристика струмкам та озерам, що знаходяться в їх басейнах [5].

Праця розпочинається із опису Дніпра: *«Та річка Дніпро в жаркий літній час, в найменшу воду... буває від 70 до 160 сажнів (бл. 150-342 м), а глибиною від 2 аршин до 3 сажнів (4,3-6,4 м)... На весні розливається від 3...до 7 верст (3,2-7,5 км), а при великих розливах вода в річці піднімається від 3 до 5 аршин (2-3,5 м), льодом вкривається із початку грудня до квітня... до 9 травня відбувається водопілля, із 9 травня рівень води починає зменшуватись, в червні річка входить в своє русло, із червня до вересня рівень води знижується, аж поки вона у вересні не набуває свого середнього значення...»*. Також в праці подається детальний опис ключових річок лівих приток Середнього Дніпра – Сули, Псла та Ворскли (Трубіж та Супій не увійшли до опису, так як розміщувались на території Київського намісництва). Про Сулу дізнаємось її географічне розташування в межах повітів в складі Чернігівського та Київського намісництва, її ширину, яка складала 5-32 аршини (3,5-23 м), глибиною 1,5-3,5 сажнів (3,2-7,5 м), територію яку річка затоплює під час весняного водопілля – від 150 сажнів (320 м) до 3,5 верств (3,7 км). Річка замерзає в середині листопада, льодостав тримається 4 місяці. Далі йде опис головних лівих приток річки - Сулиці, Лохвиці, Удаю, Ромені, Сліпоріду, Оржиці, а згодом правих – Бобрику та Артополоті.

Схожу інформацію має і басейн Псла із головними своїми правими притоками — Хоролом (із правими притоками Озницею, Татариною, Жидовою, Рубанкою, а також лівими притоками у вигляді струмків – Бакулин, Ободовський, Бережний, Ковалишин, Антонців), Кабанова, Сари, Грунь, Суха Грунька, Куличиха, Фіалка та лівими – Веприк, Лютенька, Грунь-Ташань. Так, про Псел довідуємось, що ширина річки становить 15-20 сажнів (32-43 м), а глибина – 1 сажень (2 м), весною розливається до 500 сажнів (1,1 км), замерзає наприкінці листопада, крига на річці тримається до квітня. Про Ворсклу опис менш детальний, описується її ключові гідрологічні параметри - ширина, глибина, витік, напрямок, розміри затоплюваних ділянок під час весняного танення снігу та період льодоставу. Зокрема зазначається, що ширина річища складає 10-20 сажнів (21-42 м), глибина 1,5-4 сажнів (3,2-8,5 м), весняна повінь охоплює територію від русла річки від 300 сажнів (640 м) до 3 верст (3,2 км), замерзає в період з листопаду по грудень, льодостав триває до квітня. Із ключових приток Ворскли надається детальний опис лівої притоки – річки Мерло та невеликої правої притоки в районі м. Опішня – річки Тарапуньки із однойменною її лівою притокою [5].

Таблиця 4. Характеристика русел лівих приток суббасейну Середнього Дніпра за «Описом Київської губернії загалом і по повітах річок, озер, боліт та гір» за 1785 р.

Назва річки	Характеристика русла	Особливості водного режиму
Трубіж	Берега річки пологі, русло часто заболочене	
Сула	При впадінні в Дніпро розбивається на два русла, правий берег крутий, лівий – пологий. Русло заболочене	
Супій	При впадінні в Дніпро розбивається на два русла, правий берег – гористий, лівий – пологий, а при впадінні в Дніпро за 50 верств обидва берега пологі. В долині річки велика кількість озер та островів. В багатьох місцях річка заболочена.	
Псел	В межах Миргородського повіту – лівий берег крутий, згодом крутим стає правий берег, а лівий пологий, заплава річки простягається на декілька верст із переважаючою лучною рослинністю, де розташовані сіножаті.	Дуже сильно розливається навесні при таненні снігу.
Хорол	Берега пологі при впадінні в Псел, правий берег піднятий пагорбкуватий. Течія річки часто заболочена.	
Удай	Берега підняті біля гирла, а вище пологі. Протікає через болота.	
Перевід	Має заболочене русло. Береги пологі.	
Кропивна	Крутий правий берег і пологий – лівий. Заболочене русло.	
Ірклій	Крутий правий берег і пологий – лівий. Заболочене русло.	
Грунь	Пологі обидва берега. Заболочене русло.	
Сулиця	Пологі обидва берега. Заболочене русло.	
Мокра Оржиця	Пологі обидва берега. Заболочене русло.	
Великий Чумгак	Пологі обидва берега. Заболочене русло.	
Многа	Пологі обидва берега. Заболочене русло.	

В праці Лазаревського Олександра Матвійовича «Описание рек Черниговского наместничества» вперше надається детальний опис не лише ключових лівих приток басейну Середнього Дніпра, а й їхніх суббасейнів з притоками, струмками, озерами та болотами, описується їхній гідрологічний режим, географічне розташування, взаємозв'язок із притоками вищого порядку. В праці зазначається про побудову загаток біля водяних млинів, які частково порушують вільний хід води особливо під час льодоходу. Описується, що на більшості річок весняне водопілля розпочинається наприкінці березня - в квітні, в середньому річки розливаються на рівнинах – 20-100 сажени (42,6 – 213 м), біля високих правих берегів річок – 5-20 сажени (10,6 – 42,6 м). Активна фаза водопілля триває від 2 до 5 днів. Витоки річок, які розпочинаються із джерел, не замерзають взимку. Струмки, які живляться дощами, влітку, частково а то і взагалі, за відсутності атмосферних опадів, можуть пересихати і перетворюватись на сухі річища [5].

«Топографічний опис Харківського намісництва із історичною передмовою» виданий в 1788 році, надає досить детальний опис басейну Ворскли. Опис Харківського намісництва концентрує свою увагу на середній та верхній течії Ворскли, лівих притоках Псла та Сули і їх верхніх течіях. Перераховуються ключові притоки цих трьох річок в межах Харківського намісництва. Ворскла (130 верст в межах Харківського намісництва) приймає із правого берега річки: Морщенську (3), Рогізну (5), Готну (17) (із притокою Локня (16)), Ворсклицю (75) та Боромлю (32), а з лівого - Гусеницю (17), Козачу Рутку (Козачу) (25), Гайворон (12), Братеницю (18) (із притоками – Друга Братениця (15) і Третя Братениця (4)), Івану (22), Рябину (з Куп'євахом (2)), Веселу (17), Гусинець (15), Охтирку (20), Соснівку, Олешню (20), Хухру (25) (з Хухомлею 7,5), Малу Котелевку (Котельву) (15), Середню Котелевку (Котельву) (30), Лопуховату (20), Курячий Бід (15), Мерло (89) та Коломак (10). Із даної праці дізнаємось і про головні притоки найбільших лівих приток Ворскли – Мерла та Коломаку, та правих - Ворсклиці та Боромлі. Головними притоками басейну Коломаку (26 верств у Валківському повіті) є річки Шляхова (14 верств), Чутівка (15 верств) та Свинківка із притокою Бертрата. Описані притоки річки Мерло – Мокрий Мерчик (61) (із річкою Мандрачихою (17)), Городня (6), Козіївка (7), Колонтаєва (14), Груська (12), Богодухівський Мерчик (3 верстви), Лозова (12), Бабка (4), Семенівка (8), Малижина (3), Осадча (5) і Сенянка (5). Басейн Боромлі складається із річок – Білка (12), Радомля (13) та Люджа (10). Басейн Ворсклиці – річки Пожня (20), Дернова (17), Лисиця (22) та Санківка (9) [13].

До басейну Псла (155 верст в межах Харківського намісництва) впадають річки Івниця (11), Рокитна (16) (притоки річки Пена, лівої притоки Псла), Бобровка (14), Ільок (18), Історопь (26), Вільшана (28), Будилка (16), Бобрик (15), Ворожба (17), Гуйва (7), Могриця (10), Удава (10), Рибиця (22), Ільок (16), Гнилиця (10), Крутець (14), Любянка (16), Бициця (13), Олешня (33), Сироватка (35) (з притоками – Бобриком (15) та Бездриком (12)), Сума (25) із притоками – Гускою (10), Грицанівкою (11), Ільмою (12) та Сумкою (16), Хорол (9), Грунь (22) із власними притоками – річка Козача (4) та Суха Грунька (7) [13].

Річками басейну Сули (55 верст в межах Харківського намісництва) описуються – річки Сулка (16), Ольшана (11), Товста (10), Рутка (18) (притока Удаю), Терн (60) із притоками Бобрик (17), Куриця (20), Жучиха (10) [13].

В 1792 році в Санкт-Петербурзі видається «Російський атлас, з сорока чотирьох карт складається і на сорок два намісництва імперію розділяє», де детально позначено територію Київського, Чернігівського, Харківського, Катеринославського та Новгород-Сіверського намісництв, знаходимо зображення гідрографії регіону Лівобережжя Середнього Дніпра. На карті гарно зображено ключові притоки головних річок Лівобережжя – Трубежу, Супою, Сули, Псла та Ворскли. Краще, ніж на картах Гійома Левассера де Боплана зображено басейни річок Хоролу та Удаю. Так зокрема в межах басейну Хоролу виокремлено і позначено його головні притоки – Антинців струмок, Жуківка, Довжик, Стаєцька, Єнька (Єньківка), Крива Руда (Рудка) та Кринка (Безіменна). В басейні Удаю виділені наступні його притоки – Перевід (із притокою Рудівкою), Галиця, Смож із притокою – Ольшаною (Велика Ічня), Лісогор (з притокою Березівка (із притокою Рудка)). Трубежу із притоками – Альтою, Недрою та Богочкою. На даній карті вперше знаходимо позначення наступних рік в басейні Сули – Комишівки, притока Лохвиці – Суха Лохвиця, Сулиці (одного із русла Сули), притоки Ромені – річки Рудої. В басейні Псла – річки Омельчик, Кров, Суджа

(із притоками Локня і її притокою Малою Локнею), Рибниця, Зачерства, Ільок (з притоками Грязною та Степною), Бобровиця, Велика Рибниця, Пена, Велика Каменна, Солотинська, Суха Солотинська, Трубіж, Обоянка, притока Сироватки - Грязна, притока Грунь-Ташані – Ковалівка та притока Груні - Лозова. В басейні Ворскли позначено вперше наступні річки – Серенин Колодязь, Борисовка, Тростянець, Нижня Козача Рудка, Верхня Козача Рудка, Івани з однойменною притокою, Весела, Мала Котельва, Середня Котельва, Курячий Брід, притоки Ворсклиці – Дернова, Пожня (із притокою Коробова (Корова)), Санок, притоки Мерла – Лозова, Березова, притоки Мерчика – Бузова та Княжа, притока Рябини – Куп'єваха. Вперше детально позначено русла невеликих річок, що безпосередньо впадають в Дніпро – річки Золотоноша із її лівою притокою – Кропивною, річка Ірклій (Ірклей) та річка Гирмань. Загалом на картах Київського, Чернігівського, Харківського, Катеринославського та Новгород-Сіверського намісництва відображено позначення близько 200 лівих приток Середнього Дніпра – I, II, III та навіть IV порядку [15].

В праці «Топографическое описание Черниговского наместничества» Афанасія Шафонського 1796 року знаходимо опис річок лівобережжя Середнього Дніпра – Сули із Удаєм, Псла із Хоролом та Ворскли. Вказується інформація про їх витік, напрямок течії, йде опис населених пунктів в долинах річок, в окремих річок зазначається їх довжина. Але повідомляється, що всі річки належать не до судноплавних. Тільки частково, в окремих місцях та в певний період року, можуть бути використані для судноплавства. Наприклад, річка Псел цілий рік судноплавна в районі Гадяцького повіту Київської намісництва, а річка Ворскла судноплавна в трьох місцях під час весняного водопілля, де по ній плавають пороми – під Опішнею, Куземином та Млинах. Влітку Ворскла та Сула в багатьох місцях пересихають, населення перетинає їх вбхід. В праці також відзначається, що всі вищезгадані річки, окрім Ворскли, перегорожені загатами для підвищення рівня води, яка потім використовується для водяних млинів, яких тут досить велика кількість [16].

В праці «Топографічний опис Малоросійської губернії 1798—1800 років» знаходимо детальніший опис найменших приток річок Трубежу, Супою, Сули, Псла та Ворскли, що протікали в межах Малоросійської губернії. Опис річок подається в розрізі окремих повітів. Наприклад, ось як описується басейн річки Ворскла в межах Полтавського повіту: *«Через цей повіт протікає річка Ворскла, яка витікає із Зінківського повіту, яка і межує невеликою частиною з іншими повітами; по цій річці за побудованими млинами... болотистими із обох сторін місцями і мілководдям для човнів і сплаву лісу... в річку Ворсклу із лівого боку (впадає): десята річка Ковжижа, одинадцята Боршня, дванадцята Коломак, тринадцята Микілка, чотирнадцята Тагамлик; із правого боку: п'ятнадцята Рогізна, шістнадцята Вільшана, сімнадцята Полузир'я; в річку Коломак із правого боку: вісімнадцята Свинківка; із лівого боку: дев'ятнадцята Чутова; в Тагамлик із правого боку: двадцята Тагамличок; із лівого боку: двадцять перша річка Сухий Тагамлик; в Сухий Тагамлик із лового боку впадає: двадцять друга Солонна...»*. Знову ми бачимо деталізований опис річкової мережі приток Середнього Дніпра I порядку – Трубежу, Супою, Сули, Псла та Ворскли, II порядку – річок, які відносяться до поданих вище суббасейнів (найбільші серед них – Удай, Хорол, Говтва, Мерло), III порядку – приток річок II порядку, IV порядку – найменших річок даної території лівобережжя Середнього Дніпра. Опис кількості водяних млинів, характеристику річок для судноплавства та сплаву лісу, кількості переправ, способи використання води річок (для пиття, худоби, тощо) та опис біологічного різноманіття річок [12].

Висновки. У статті подано історію досліджень лівих приток Середнього Дніпра. Розроблено періодизацію досліджень за хронологічними періодами від IV ст. до н.е. до кінця XVIII ст. :

1. *Описовий період накопичення первинної інформації про річки (IV ст. до н.е. до V ст. н.е.).*
2. *Період перших достовірних даних про річки (VI ст. – XV ст.).*
3. *Період створення перших картографічних творів із позначенням гідрографічної мережі досліджуваного регіону (XVI ст. – 60 рр. XVIII ст.).*
4. *Період систематизації достовірної інформації про річки (60 рр. XVIII ст. - 90 рр. XVIII ст.).*

Бачимо в хронологічній послідовності зростання інтересу до накопичення інформації про суббасейн Середнього Дніпра. В античний час це були лише поодинокі факти про річку Дніпро і лише побіжно згадується інформація про головні його притоки, описуються фрагментарно характер течії річки, її водний режим, способи живлення, система розселення населення та особливості органічного світу в межах долини Дніпра.

В VI ст. – XV ст. детально описуються та визначаються дніпровські пороги, описується судноплавний шлях «із варяг у греки» в межах Середнього Дніпра. Згадується інформація про водний режим Дніпра, можливість судноплавства, систему населених пунктів, що розміщувались в його долині та органічний світ на його берегах. А в літописних джерелах вперше перераховуються 5 найбільших лівих приток Середнього Дніпра – Трубіж, Супій, Сула, Псел та Ворскла. Також вперше згадуються і притоки II порядку: в басейні Трубежу - його притока Альта (Ільтиця), в басейні Псла – Хорол та Говтва, а в басейні Ворскли – Мерло.

Із XVI ст. з'являються перші картографічні зображення річкової мережі лівих приток Середнього Дніпра, але дані мапи створюються за зразками античних творів, а то і взагалі зі слів очевидців, тому точність таких географічних карт незначна. З XVI ст. – до 40-х рр. XVII ст. географічні карти були не досконалими і мали багато помилок із позначенням назв, напрямку русел річок, відношення річок до інших басейнів, передачі їхньої довжини та взагалі географічного розташування.

Вершиною картографування річкової мережі суббасейну в XVII ст. є роботи французького інженера Гійома Левассера де Боплана. Його два картографічні твори - 1648 р. «*Delineatio generalis Camporum Desertorum vulgo Ukraina*». («Загальний опис Диких Полів, іншими словами — України») та 1659 – 1685 рр. «*Ukrainae pars quae Kiovia Palatinatus vulgo dicitur*» («Карта Київського воєводства»). На даних картах найбільш точно передано розміри, форму та географічне розташування річок регіону. Позначені притоки Дніпра від I до IV порядку, а річки I-III порядків нанесені на мапу із власними назвами, чого ми не бачимо в жодного картографа до цього часу.

Починаючи із 1680-х рр., після картографічних праць Гійома де Боплана, помічаємо початок етапу стагнації у зображенні гідрографічної сітки лівих приток Середнього Дніпра. Французькі, голландські, італійські, німецькі та російські картографи не змогли перевершити доробок французького військового інженера. На своїх мапах 80 рр. XVII ст. – 60 рр. XVIII ст., вони роблять аналогічні помилки, які допустив Гійом де Боплан.

Наприкінці XVIII ст. регіон суббасейну Середнього Дніпра детально описувався та піддавався каталогізації з метою його подальшого використання в судноплавстві та інших галузях економіки. В цей час побачили світ перші детальні описи річок – Київського, Чернігівського, Харківського намісництв та Малоросійської губернії в період з 1775 по 1800 рр. В даних описах зазначаються місця витoku та впадіння головних річок Середнього Дніпра, територія їх розташування в межах намісництв, їх загальна довжина, ключові притоки, робиться опис прибережного рельєфу берегів річок, вибірково надається характеристика їх водного режиму та описується біологічне різноманіття. Вперше описуються басейни річок із їх притоками нижчого порядку, водний та рівневий режим річки, її морфометричні параметри – ширину та глибину (в період літньої межени та весняного водопілля), розмір заплави, характеристику дна, історичний опис річки. Окрім самих річок надається характеристика струмкам та озерам, що знаходяться в межах їх басейнів. Відзначається, що на всіх перерахованих середніх і малих річках побудовані загати і діють водяні млини.

На основі зібраних даних описів намісництв була складена детальна карта річкової мережі в межах намісництв та повітів - «Російський атлас, з сорока чотирьох карт складається і на сорок два намісництва імперію розділяє». В ньому детально позначено гідрографію регіону Лівобережжя Середнього Дніпра. На карті детально зображено ключові притоки головних річок Лівобережжя – Трубежу, Супою, Сули, Псла та Ворскли. Краще ніж на картах Гійома Левассера де Боплана зображено басейни річок Хоролу та Удаю. Загалом в межах атласу на картах Київського, Чернігівського, Харківського, Катеринославського та

Новгород-Сіверського намісництв відображено позначення близько 200 лівих приток Середнього Дніпра – I, II, III та IV порядку.

Карти XVII-XVIII століть будуть основою для подальших досліджень поверхневих вод Лівобережжя Середнього Дніпра в XIX-XX століттях.

Список літератури

1. Генеральная карта о Российской империи. Кирилов, Иван Кириллович, Санкт-Петербург, 1734. URL: <https://kp.rusneb.ru/item/material/generalnaya-karta-o-rossiyskoj-imperii>
2. Геродот. История в девяти книгах. Ленинград: Изд-во «Наука», 1972. 600 с.
3. Г. Л. де Боплан. Опис України. Пер. з фр. Я.І.Кравця, З.П.Борисюк. Київ, 1990. 323 с.
4. Древняя российская гидрография: Содержащая описание Московского государства рек, протоков, озер, кладязей, и какие по ним города и урочища и на каком оныя разстоянии. Санкт-Петербург: Тип. Акад. наук, 1773. 233 с.
5. Записки Черниговского губернского статистического комитета. Чернигов: губерн. тип., 1868. Кн. 2.1: Лазаревский А. Описание рек Черниговского наместничества 1785 г. / А. Лазаревский. С. 1-34.
6. Иоанна де Пано Карпини, архиепископа Антиварийского, История Монгалов, именуемых нами Татарами. URL: <http://www.hist.msu.ru/ER/Etext/carpini.htm>
7. Карта королівства Польського та прилеглих земель, Sebastian Munster (Basel, 1550). URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Kyivstar_vkraina_1550_3.jpg/1280px-Kyivstar_vkraina_1550_3.jpg?1626622955402
8. Костянтин VII Багрянородний. Об управлении империей. Москва: Наука, 1991. 496 с.
9. Креслення містами українськими і черкаськими від Москви до Криму, близько 1670 року. URL: http://papasoma.narod.ru/maps/maps-images2/chertezh_ukr_cherk_gorodam_aa.jpg
10. Максимович Н.И. Днепр и его бассейн. Киев: Тип. С.В.Кульженко, 1901. 762 с.
11. Описи Київського намісництва 70-80-х років XVIII ст. : опис.-стат. джерела / АН Української РСР, Археогр. коміс., Ін-т історії та ін. / упоряд.: Г. В. Болотова та ін. / редкол.: П. С. Сохань (відп. ред.) та ін. Київ: Наук. думка, 1989. 389 с.
12. Описи Лівобережної України кінця XVIII – початку XIX ст. / упорядкув., передм. Т. Б. Ананьєвої. / ред. кол.: П. С. Сохань (відп. ред.), Г. В. Боряк, В. А. Смолій, Ф. П. Шевченко, Н. М. Яковенко. НАН України. Археографічна комісія, Інститут української археографії та джерелознавства ім. М. С. Грушевського; Українська правнича фундація. Київ: Наук. думка, 1997. 395 с.
13. Описи Харківського намісництва кінця XVIII ст.: Описово-статистичні джерела / упорядн.: В. О. Пірко, О. І. Гуржій; / ред. кол.: П. С. Сохань (відп. ред.), В. А. Смолій (заст. відп. ред.), Ф. П. Шевченко, Г. В. Боряк. АН Української РСР. Археографічна комісія, Інститут історії України; Центральний державний історичний архів УРСР у м. Києві; Центральний державний військово-історичний архів СРСР; Донецький державний університет. Київ: Наук. думка, 1991. 278 с.
14. Почтовая карта Российской Империй. Соч. І. Трескотъ. 1760. URL: <https://kp.rusneb.ru/item/reader/pochtovaya-karta-rossiyskoj-imperii-3>
15. Российский атлас, из сорока четырех карт состоящий и на сорок два наместничества империю разделяющий 1792 г. URL: <https://runivers.ru/lib/atlas/atlas4296/43128/>
16. Черниговскаго Намѣстничества топографическое описание съ краткимъ географическимъ и историческимъ описаниемъ Малыя Россіи, из частей коей оное намѣстничество составлено, сочиненное Действительнымъ Статскимъ Советникомъ и Кавалеромъ Афанасіемъ Шафонскимъ съ четырьмя географическими картами. В Черниговѣ, 1786 года. Издалъ Мыхайло Судіенко, 1851, Предсѣдатель Временной Коммисіи Высочайше учрежденной при Киевскомъ Военномъ, Подольскомъ и Волынскомъ Генерал-Губернаторе. Киевъ: Въ Университетской Типографіи, 1851.
17. Шерер, Жан-Бенуа. Літопис Малоросії, або Історія козаків-запорожців та козаків України, або Малоросії: Пер. з фр. В. В. Коптілов. Київ: Укр. письменник, 1994. 311 с.
18. Эльсе Розсдаль. Мир викингов. Викинги дома и за рубежом. Перевод с датск. яз. Ф. Х. Золотаревской. Научный редактор русского издания Е. Н. Носов. Санкт-Петербург: Книгоиздательство "Всемирное слово", 2001.
19. A map of the Black Sea Basin, created before 1580. URL: <http://surl.li/bchwx>
20. Altkolorierter Kupferstich b. Matthäus Seutter in Augsburg, n. 1741. URL: <http://surl.li/bchye>
21. Battista Agnese, Portolan atlas (Italy ca. 1550). URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Battista_Agnese,_PORTOLAN_ATLAS_\(Italy_ca._1550\)_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Battista_Agnese,_PORTOLAN_ATLAS_(Italy_ca._1550)_2.jpg)
22. Beauplan, Guillaume Le Vasseur, Sieur De, Approximately, and Willem Hondius. Delineatio generalis Camporum Desertorum vulgo Ukraina: cum adjacentibus provinciis. URL: <https://www.loc.gov/resource/g7100.ct000383/?r=-0.144,0.047,1.044,0.648,0>

23. Carel Allard Map of the Polish-Lithuanian Commonwealth (1696). URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Regni_Poloniae_Magni_Ducatus_Lithuaniae.jpg
24. Giacomo Giovanni Rossi - Giacomo Cantelli da Vignola Tartaria D Europa ouero Piccola Tartaria divisa da Giacomo Cantelli da Vignola ne Tartari Nogai e del Crim, o di Precop . . . ne Tartari di Budziack, D'Oczackow, e di Dobrus . . . Tartari Circassi . . . need Due Uckraine una abitata da Cosacchi . . . Rome / 1684. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/59748/tartaria-d-europa-ouero-piccola-tartaria-divisa-da-giacomo-c-rossi-cantelli-da-vignola>
25. Guillaume, Ukraine ou Palatinat de Kiowie, 1711. URL: <http://surl.li/bchvv>
26. Henricus Hondius Novissima Russiae Tabula Authore Isaaco Massa. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/36522/novissima-russiae-tabula-authore-isaaco-massa-rare-english-hondius>
27. Jan Jansson Taurica Chersonesus, Hodie Przecopsca, at Gazara dicitur. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/62651/taurica-chersonesus-hodie-przecopsca-at-gazara-dicitur-jansson>
28. Moschovia Nuova Tavola, Girolamo Ruscelli (Venice, 1562). URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1a/Kyivstar_vkraina_1562.jpg/1280px-Kyivstar_vkraina_1562.jpg?1626623107172
29. Moschoviae Tabula ex relatione Demetrii legati descripta sicuti ipse a Pluribus accepit. Anno. M.D.XXV. Mēse Octob. URL: <http://imago.by/map/rp/658-maschovia1525.html>
30. Old map of Ukraine: Ukraine, grand pays de la Russie Rouge : avec une partie de la Pologne, Moscovie, Bulgarie, Valachie, Podolie et Volhynie : tirée de différentes cartes, qui en ont été faites sur le lieux et des relations les plus fideles, présentement mise en lumiere by Aa, Pieter van der, 1659-1733. URL: <https://archive.org/details/ukraine-rouge>
31. Paolo Forlanini vero disegno della seconda parte dil Regno di Polonia, dell' eccmo. ms. Giacomo Gastaldo piemontese . . . M.D. LXVIII. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/71320/il-vero-disegno-della-seconda-parte-dil-regno-di-polonia-de-forlani>
32. Poland und Moscovia Abrahamum Allard 1710. URL: https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Poland_und_Moscovia_Abrahamum_Allard_1710.jpeg
33. Sanson, Guillaume La Russie Noire ou Polonoise: qui comprend les provinces de la Russie Noire de Volhynie et de Podolie divisées en leurs palatinats : vulgairement connües sous le nom d'Ukraine ou Pays de Cosaques [Paris? : s.n., 1674]. URL: <https://www.loc.gov/resource/g7100.ct003504/>
34. Tartarie Europeenne ou Petite Tartarie ou sont Les Tartares du Crim, ou de Percot, de Nogais... Paris, 1665. URL: <http://surl.li/bchyc>
35. Taurica Chersonesus. Nostra aetate Przecopsca, at Gazara dicitur. URL: <https://exhibits.stanford.edu/ruderman/catalog/fd545sk7212>
36. Taurica Chersonesus, Nostra aetate Przecopsca et Gazara dicitur Gerard Mercator. 1595. URL: <https://pictures.abebooks.com/inventory/1340069782.jpg>
37. Theatrum belli Rußorum victoriis illustratum sive nova et accurata Turcicarum et Tartaricum provinciarum intra fluvios Tyras s. Niester et Tanaim s. Don, ad oram Ponti Euxini et in Pelopon[n]eso Taurica sitarum [kartografický dokument] / designatio, manu et impensis Tob. Conradi Lotteri chalc. et geogr. 1750-1777. URL: <http://surl.li/bchycw>
38. Ukrainæ pars quæ Kiovia Palatinatus vulgo dicitur. Per Guilhelmum Le Vasseur de Beauplan. – Joh. Blaeu exc., 1661. URL: <http://resource.history.org.ua/item/0008184>
39. Vkrania quae et terra Cosaccorum cum vicinis Walachiae, Moldaviae, minoris. Tartariae provinciis [kartografický dokument] / exhibita a Ioh. Baptista Homanno 1700-1724. URL: <http://surl.li/bchyn>
40. Willem Janszoon Blaeu / Hessel Gerritsz Magni Ducatus Lithuaniae Caeterarumque Regionum Illi Adjacentium . . . Anno 1613. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/74017/magni-ducatus-lithuaniae-caeterarumque-regionum-illi-adjacen-blaeu-gerritsz>
41. Willem Janszoon Blaeu Lectori S. Hunc Borysthenis tractum ut ad nostrum Geographiae tabulam 1635. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/63932op/ukraine-dniepr-river-lectori-s-hunc-borysthenis-tractum-blaeu>

References

1. Heneralnaia karta o Rosyiskoi ymperyy [General card about the Russian Empire] Kyrylov, Yvan Kyryllovych Sankt-Peterburh 1734. URL: <https://kp.rusneb.ru/item/material/generalnaya-karta-o-rossiyskoy-imperii> [in Russian].
2. Herodot. Ystoryia v deviaty knykhakh [A story in nine books]. Lenynhrad: Yzd-vo «Nauka», 1972. 600 s. [in Russian].

3. H. L. de Boplan. Opys Ukrainy [Description of Ukraine]. Per. z fr. Ya. I. Kravtsia, Z. P. Borysiuk. Kyiv, 1990. 323 s. [in Ukrainian].
4. Drevniaia rossyiskaia ydrohrafyia: Soderzhashchaia opysanye Moskovskaho hosudarstva rek, protokov, ozer, kladiazei, y kakye po nykh horodi y urochyshcha y na kakom oniia razstoiany [Ancient Russian hydrography: Containing a description of the Moscow state of rivers, channels, lakes, wells, and what cities and tracts are along them and at what distance]. Sankt Peterburh: Typ. Akad. nauk, 1773. 233 s. [in Russian].
5. Zapysky Chernyovskoho hubernskoho statystycheskoho komyteta [Notes of the Chernigov Provincial Statistical Committee]. Chernyov: hubern. typ., 1868. Kn. 2.1: Lazarevskiy A. Opysanye rek Chernyovskoho namestnychestva 1785 h. / A. Lazarevskiy. S. 1-34 [in Russian].
6. Yoanna de Plano Karpyny, arkhyepyskopa Antyvaryiskoho, Ystoryia Monhalov, ymenuemykh namy Tataramy [John de Plano Carpini, Archbishop of Antivaria, History of the Mongals, whom we call Tatars]. URL: <http://www.hist.msu.ru/ER/etext/carpini.htm> [in Russian].
7. Karta korolivstva Polskoho ta prylehlykh zemel, Sebastian Munster (Basel, 1550) [Map of the Kingdom of Poland and adjacent lands, Sebastian Munster (Basel, 1550)]. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Kyivstar_vkraina_1550_3.jpg/1280px-Kyivstar_vkraina_1550_3.jpg?1626622955402 [in Ukrainian].
8. Kostiantyn VII Bahrianorodnyi. Ob upravlenyy ymperyei [On the Governance of the Empire]. Moskva: Nauka, 1991. 496 s. [in Russian].
9. Kreslennia mistamy ukrainskymy i cherkaskymy vid Moskvy do Krymu, blyzko 1670 roku [Drawings by Ukrainian and Cherkasy cities from Moscow to the Crimea, about 1670.]. URL: http://papacoma.narod.ru/maps/maps-images2/chertezh_ukr_cherk_gorodam_aa.jpg [in Ukrainian].
10. Maksymovych N.Y. Dnepr y eho bassein [Dnieper and its pool]. Kyev: Typ. S.V. Kulzhenko, 1901. 762 s. [in Russian].
11. Opysy Kyivskoho namisnytstva 70-80-kh rokiv XVIII st. [Descriptions of the Kyiv governorate of the 70-80s of the XVIII century]. : opys.-stat. dzherela / AN Ukrainkoi RSR, Arkheohr. komis., In-t istorii ta in. / uporiad.: H. V. Bolotova ta in. / redkol.: P. S. Sokhan (vidp. red.) ta in. Kyiv: Nauk. dumka, 1989. 389 c. [in Ukrainian].
12. Opysy Livoberezhnoi Ukrainy kintsia XVIII – pochatku XIX st. [Descriptions of the Left Bank of Ukraine in the late XVIII - early XIX centuries]. / uporiadkuv., peredm. T. B. Ananievoi. / red. kol.: P. S. Sokhan (vidp. red.), H. V. Boriak, V. A. Smolii, F. P. Shevchenko, N. M. Yakovenko. NAN Ukrainy. Arkheohrafichna komisiia, Instytut ukrainskoi arkheohrafii ta dzhereloznavstva im. M. S. Hrushevskoho; Ukrainka pravnycha fundatsiia. Kyiv: Nauk. dumka, 1997. 395 s. [in Ukrainian].
13. Opysy Kharkivskoho namisnytstva kintsia XVIII st. [Descriptions of the Kharkiv governorate of the end of the XVIII century].: Opysovo-statystychni dzherela / uporiadn.: V. O. Pirko, O. I. Hurzhii; / red. kol.: P. S. Sokhan (vidp. red.), V. A. Smolii (zast. vidp. red.), F. P. Shevchenko, H. V. Boriak. AN Ukrainkoi RSR. Arkheohrafichna komisiia, Instytut istorii Ukrainy; Tsentralnyi derzhavnyi istorychnyi arkhiv URSS u m. Kyievi; Tsentralnyi derzhavnyi viiskovo-istorychnyi arkhiv SRSR; Donetskyy derzhavnyi universytet. Kyiv: Nauk. dumka, 1991. 278 s. [in Ukrainian].
14. Pochtovaia karta Rossiiskoi Ymperii [Postal map of the Russian Empire]. Soch. I. Treskot. 1760. URL: <https://kp.rusneb.ru/item/reader/pochtovaya-karta-rossiyskoy-imperii-3> [in Russian].
15. Rossyiskiy atlas, yz soroka chetyrekh kart sostoiashchyi y na sorok dva namestnychestva ymperyi razdeliaushchyi 1792 h. [Russian atlas, consisting of forty-four maps and dividing the empire into forty-two governorships in 1792]. URL: <https://runivers.ru/lib/atlas/atlas4296/43128/> [in Russian].
16. Chernyovskaho Namestnychestva topografycheskoe opysanie s kratkym heohrafycheskym y ystorycheskym opysaniem Malii Rossii, yz chastei koei onoe namestnychestvo sostavleno, sochynennoe Deistvuytelnim Statskym Sovetnykom y Kavalerom Afanasiiem Shafonskym s chetirmia heohrafycheskymi kartamy [The Chernigov Viceroyalty is a topographic description of a brief geographical and historical description of Little Russia, of which parts it is compiled, composed by the Actual State Councilor and Knight Athanasius Shafonsky with four geographical maps]. V Chernyov, 1786 hoda. Yzdaul Mykhailo Sudienko, 1851, Predsedatel Vremennoi Kommyssii Visochaishe uchrezhdennoi pry Kievskom Voennom, Podolskom y Volinskom Heneral-Hubernatore. Kiev: V Unyversytetskoi Typohrafii, 1851.
17. Sherer, Zhan-Benua. Litopys Malorosii, abo Istoriia kozakiv-zaporozhtsiv ta kozakiv Ukrainy, abo Malorosii [Chronicle of Little Russia, or History of the Cossacks and Cossacks of Ukraine, or Little Russia]: Per. z fr. V. V. Koptilov. Kyiv: Ukr. pismennyk, 1994. 311 s. [in Ukrainian].
18. Else Roesdal. Myr vykynhov. Vykynhy doma y za rubezhom [The world of the Vikings. Vikings at home and abroad]. Perevod s dansk. yaz. F. Kh. Zolotarevskoi. Nauchnii redaktor russkoho yzdaniia E. N. Nosov. Sankt-Peterburh: Knyhoizdatelstvo "Vsemirnoe slovo", 2001 [in Russian].
19. A map of the Black Sea Basin, created before 1580. URL: <http://surl.li/bchwx>
20. Altkolorierter Kupferstich b. Matthäus Seutter in Augsburg, n. 1741 [Old colored copper engraving b. Matthäus Seutter in Augsburg, n. 1741]. URL: <http://surl.li/bchye>

21. Battista Agnese, Portolan atlas (Italy ca. 1550) [Battista Agnese, Portolan atlas (Italy ca. 1550)]. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Battista_Agnese,_PORTOLAN_ATLAS_\(Italy_ca._1550\)_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Battista_Agnese,_PORTOLAN_ATLAS_(Italy_ca._1550)_2.jpg)
22. Beauplan, Guillaume Le Vasseur, Sieur De, Approximately, and Willem Hondius. Delineatio generalis Camporum Desertorum vulgo Ukraina: cum adjacentibus provinciis [Beauplan, Guillaume Le Vasseur, Sieur De, Approximately, and Willem Hondius. General Delineation of the Desert Plains of Ukraine: with its adjacent province]. URL: <https://www.loc.gov/resource/g7100.ct000383/?r=0.144,0.047,1.044,0.648,0>
23. Carel Allard Map of the Polish-Lithuanian Commonwealth (1696). URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Regni_Poloniae_Magni_Ducatus_Lithuaniae.jpg
24. Giacomo Giovanni Rossi - Giacomo Cantelli da Vignola Tartaria D Europa ouero Piccola Tartaria divisa da Giacomo Cantelli da Vignola ne Tartari Nogai e del Crim, o di Precop . . . ne Tartari di Budziack, DOczackow, e di Dobrus . . . Tartari Circassi . . . need Due Uckraine una abitata da Cosacchi . . . Rome / 1684 [Giacomo Giovanni Rossi - Giacomo Cantelli from Vignola Tartaria D Europe ouero Small Tartary divided by Giacomo Cantelli da Vignola into Tartars Nogai and Crim, or Precop. . . in the Tartars of Budziack, D'Oczackow, and Dobrus. . Circassian Tartars. . . need Two Uckraine, one inhabited by Cossacks. . . Rome / 1684]. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/59748/tartaria-d-europa-ouero-piccola-tartaria-divisa-da-giacomo-c-rossi-cantelli-da-vignola>
25. Guillaume, Ukraine ou Palatinat de Kiowie, 1711 [Guillaume, Ukraine or Palatinat of Kiowie, 1711]. URL: <http://surl.li/bchww>
26. Henricus Hondius Novissima Russiae Tabula Authore Isaaco Massa [Henry Hondius, The Last Russian Map by the Author Isaac Massa]. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/36522/novissima-russiae-tabula-authore-isaaco-massa-rare-english-hondius>
27. Jan Jansson Taurica Chersonesus, Hodie Przecopsca, at Gazara dicitur [Jan Jansson The Taurica Chersonesus, today is called Przecopsca, at Gazara]. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/62651/taurica-chersonesus-hodie-przecopsca-at-gazara-dicitur-jansson>
28. Moschovia Nuova Tavola, Girolamo Ruscelli (Venice, 1562). URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1a/Kyivstar_vkraina_1562.jpg/1280px-Kyivstar_vkraina_1562.jpg?1626623107172
29. Moschoviae Tabula ex relatione Demetrii legati descripta sicuti ipse a Pluribus accepit [The Table of Moscow is described in the report of Demetrius the ambassador, as he himself received it from several persons]. Anno. M.D.XXV. Mēse Octob. URL: <http://imago.by/map/rp/658-mascovia1525.html>
30. Old map of Ukraine : Ukraine, grand pays de la Russie Rouge : avec une partie de la Pologne, Moscovie, Bulgarie, Valachie, Podolie et Volhynie : tirée de differentes cartes, qui en ont été faites sur le lieux et des relations les plus fideles, présentement mise en lumiere by Aa, Pieter van der, 1659-1733 [Old map of Ukraine: Ukraine, large country of Red Russia: with part of Poland, Muscovy, Bulgaria, Wallachia, Podolia and Volhynia: taken from different maps, which were made on the spot and from the most faithful relations , currently highlighted by Aa, Pieter van der, 1659-1733]. URL: <https://archive.org/details/ukraine-rouge>
31. Paolo Forlanill vero disegno della seconda parte dil Regno di Polonia, dell eccmo. ms. Giacomo Gastaldo piemontese . . . M.D. LXVIII [Paolo Forlani The true design of the second part of the Kingdom of Poland, of the eccmo. ms. Giacomo Gastaldo from Piemontese. . . M.D. LXVIII]. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/71320/il-vero-disegno-della-seconda-parte-dil-regno-di-polonia-de-forlani>
32. Poland und Moscovia Abrahamum Allard 1710 [Poland and Moscovia Abraham Allard 1710]. URL: https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Poland_und_Moscovia_Abrahamum_Allard_1710.jpeg
33. Sanson, Guillaume La Russie Noire ou Polonoise : qui comprend les provinces de la Russie Noire de Volhynie et de Podolie divisées en leurs palatinats : vulgairement connües sous le nom dVkraine ou Pays de Cosaques [Paris? : s.n., 1674] [Sanson, Guillaume Black or Polish Russia: which includes the provinces of Black Russia of Volhynia and Podolia divided into their palatinates: commonly known as Ukraine or Pays de Cossques [Paris? : s.n., 1674]]. URL: <https://www.loc.gov/resource/g7100.ct003504/>
34. Tartarie Europeenne ou Petite Tartarie ou sont Les Tartares du Crim, ou de Perecot, de Nogais... Paris, 1665 [Sanson Nicolas. European Tartary or Small Tartari or are Les Tartares, Du Crim, or de Perecop; From Nogais ... - Paris, 1665]. URL: <http://surl.li/bchyyq>
35. Taurica Chersonesus. Nostra aetate Przecopsca, at Gazara dicitur [Taurica Chersonesus In our age it is called Przecopsca, at Gazara]. URL: <https://exhibits.stanford.edu/ruderman/catalog/fd545sk7212>

36. Taurica Chersonesus, Nostra aetate Przecopsca et Gazara dicitur Gerard Mercator. 1595 [The Taurian Chersonesus, in our time Gerard Mercator is called Przecopsca and Gazara. 1595]. URL: <https://pictures.abebooks.com/inventory/1340069782.jpg>

37. Theatrum belli Rußorum victoriis illustratum sive nova et accurata Turcicarum et Tartaricum provinciarum intra fluvios Tyras s. Niester et Tanaim s. Don, ad oram Ponti Euxini et in Pelopon[n]eso Taurica sitarum [kartografický dokument] / designatio, manu et impensis Tob. Conradi Lotteri chalc. et geogr. 1750-1777 [The theater of the war, illustrated by the victories of the Russians, or the new and accurate history of the Turkish and Tartar provinces within the Tyras rivers Niester and Don Don, situated on the coast of the Euxine and in the Peloponnesus in the Taurica / design, hand and print of Tob. Conradi Lotteri chalc. and geogr. 1750-1777]. URL: <http://surl.li/bchyw>

38. Ukrainæ pars quæ Kiovia Palatinatus vulgo dicitur. Per Guilhelmum Le Vasseur de Beauplan. – Joh. Blaeu exc., 1661 [The part of Ukraine which is commonly called the Kiev Palatinate. By Guillaume Le Vasseur de Beauplan - Joh. Blaeu exc., 1661]. URL: <http://resource.history.org.ua/item/0008184>

39. Vkrania quae et terra Cosaccorum cum vicinis Walachiae, Moldaviae, minoris. Tartariae provinciis [kartografický dokument] / exhibita a Ioh. Baptista Homanno 1700-1724 [Vkrania, which is also the land of the Cosaccorum with the neighboring Walachia, of Moldova, the lesser. the provinces of Tartary [kartografický dokument] / exhibited by John Baptista Homanno 1700-1724]. URL: <http://surl.li/bchyn>

40. Willem Janszoon Blaeu / Hessel Gerritsz Magni Ducatus Lithuaniae Caeterarumque Regionum Illi Adjacentium . . . Anno 1613 [Willem Janszoon Blaeu / Hessel Gerritsz The Great Duchy of Lithuania and the Other Regions Adjacent to It ... In the year 1613]. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/74017/magni-ducatus-lithuaniae-caeterarumque-regionum-illi-adjacen-blaeu-gerritsz>

41. Willem Janszoon Blaeu Lectori S. Hunc Borysthenis tractum ut ad nostrum Geographiae tabulam 1635 [Willem Janszoon Speed to the Reader This Borysthenes was drawn to our map of Geography]. URL: <https://www.raremaps.com/gallery/detail/63932op/ukraine-dniepr-river-lectori-s-hunc-borysthenis-tractum-blaeu>

Ретроспективный анализ исследований речной сети Левобережья Среднего Днепра (от первых упоминаний к детальным описаниям – IV век до нашей эры - конец XVIII века).

Сарнавский С.П., Гребень В.В.

В статье представлена история исследований левых притоков Среднего Днепра. Разработана периодизация исследований по хронологическим периодам от IV века до н.е. к концу XVIII века. Выделены периоды и ключевые этапы исследований рек в течение соответствующего периода.

Освещены вопросы описания соответствующих рек в период античности и средневековья, в частности, элементы географического положения их речных систем, водного режима, условий питания, хозяйственного использования, элементы речных долин и органический мир их бассейнов. Изученные летописные данные и оригинальные труды ученых и политических лиц этих временных периодов.

Подробно освещаются вопросы географического положения речной сети, количества и названий рек исследуемого суббассейна Среднего Днепра по картам XVI-XVIII веков. Обработанные картографические произведения картографов Франции, Нидерландов, Италии, Московии. Особое внимание уделено картографическим работам французского картографа Гийома Левассера де Боплана, который начал новый этап в картографировании главных левых притоков Среднего Днепра и их притоков меньшего порядка. На его картах впервые находим обозначение 137 рек Левобережья Среднего Днепра. Именно им выдвинута первая теория о формировании русел левых притоков Среднего Днепра.

Выделена информация по описательным данным Левобережной Украины конца XVIII века о морфометрических параметрах, водном режиме и хозяйственном использовании рек Левобережья Среднего Днепра. Впервые представлен полный каталог рек по описательным данным в пределах речных бассейнов с указанием их длины.

Ключевые слова: история исследований; Средний Днепр; левые притоки; речная сеть; описание бассейнов.

Retrospective analysis of studies of the river network of the left bank of the Middle Dnieper (from the first mentions to detailed descriptions - IV century BC - the end of the XVIII century)

Sarnavskiy S.P., Grebin V.V.

The article presents the history of research of the left tributaries of the Middle Dnieper. The periodization of research by chronological periods from the IV century is developed. B.C. until the end of the XVIII century. The periods and key stages of river research during the corresponding period are highlighted.

The issues of description of the respective rivers in antiquity and the Middle Ages are covered, in particular the elements of the geographical position of their river systems, water regime, feeding conditions, economical use, elements of river valleys and the organic world of their basins. Chronicle data and original works of scientists and politicians of these time periods are processed.

The issues of geographical position of the river network, number and names of rivers of the studied sub-basin of the Middle Dnieper according to the maps of the XVI-XVIII centuries are covered in detail. Cartographic works of cartographers from France, the Netherlands, Italy, and Muscovy have been studied. Particular attention is paid to the

cartographic works of the French cartographer Guillaume Levasser de Beauplan, who began a new stage in the mapping of the main left tributaries of the Middle Dnieper and their smaller tributaries. For the first time, 137 rivers of the Left Bank of the Middle Dnieper were marked on his maps. He put forward the theory of the formation of the channels of the left tributaries of the Middle Dnieper. On the maps of 1680 - 1760, we notice the beginning of the stage of stagnation in the image of the hydrographic grid of the left tributaries of the Middle Dnieper.

The information according to the descriptive data of the Left Bank of Ukraine of the end of the XVIII century is singled out. The first detailed descriptions of the rivers - Kyiv, Chernihiv, Kharkiv governorates and Little Russia Governorate in the period from 1775 to 1800 were developed. A complete catalog of rivers of the I, II, III and IV order of the Middle Dnieper sub-basin according to descriptive data within the river basins with indication of their length is given.

Keywords: *research history; Middle Dnieper; left tributaries; river network; description of basins.*

Надійшла до редколегії 01.11.2021

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.5>
UDK 504:556.55(438)

Lesniak-Moczuk K.¹, Skyba O.I.², Bilyk Ya. O.², Fedonyuk L. Ya.²

¹ College of Social Sciences of the University of Rzeszow (Poland)

² I. Horbachevsky Ternopil National Medical University Ministry of Health of Ukraine

EVALUATION OF THE STATUS OF WARMIAN-MASURIAN LAKES IN POLAND DUE TO EUTROPHICATION PROCESS

The article is devoted to the study the origins and consequences of the eutrophication problem of Warmian-Masurian lakes of Voivodeship in Poland and to find the possible ways of its solution. Eutrophication, also known as hypertrophication is a process of enrichment of water bodies with nutrients, especially nitrogen and phosphorous that leads to algae and plants growth and results in inadequate supply of oxygen and loss of water quantity. Nowadays, the problem of eutrophication concerns not only Baltic countries, but also countries in the West Europe, the same as in whole world. The eutrophication problem also influences local landscape changes, because it is strictly associated with terrestrialization process, which is well-seen in the area of Warmian-Masurian Voivodeship. The aim of the work is to find the relationship between the eutrophication process and the environmental problems caused by them, as well as to find potential solutions and review the currently done ones, base on comparison of observations and literature sources. The work was mainly based on field observation, publications of researches, and the program of "lakes cleaning" in Szczytno and literature study, which confirmed the negative changes in structure of local associated with eutrophication and terrestrialization processes. To see the structural changes in the lakes as a result of the terrestrialization process, we compared their current state with old photographs of the area. Visible changes were found in the coastline, which was overgrown mainly with reeds and typhus, as well as former beaches, which were replaced by flora. To point out possible ways of solution, the program of "lakes cleaning" in Szczytno was used. The project was running for 3 years (from 2010 to 2013) and consisted of introducing of 71 tons of a polyaluminium coagulant under surveillance of scientists from the University of Warmia and Mazury. It was concluded that the changes of water bodies in the Warmian-Masurian Voivodeship are strongly associated with eutrophication process. To avoid and withdraw that processes there are many solutions, starting with the simplest to advanced ones what is well-seen in Szczytno Warmian-Masurian Voivodeship, where polyaluminium coagulant was used to "clean" the lake. Further research may focus on finding a variety of substances that can be used to mitigate and eliminate eutrophication without side effects, both for the environment and for humans.

Key words: eutrophication, lakes, cyanotoxins, terrestrialization, algal bloom, Warmian-Masurian Voivodeship.

Introduction. Eutrophication is a natural process of aging of water bodies that lasts for centuries. In water bodies that are subject to anthropogenic impact, the processes are rapidly accelerating: significantly change the physicochemical properties of the aquatic environment, increases the content of nutrients and organic matter, reduces the level of oxygen saturation, anaerobic zones are formed in the bottom layers, turbidity increases and water transparency decreases. Eutrophication indicates a violation of the ecological balance and subsequently leads to the degradation of water ecosystems. The natural ability of rivers to self-purify, self-regulate, form biotic bonds, water quality parameters is disturbed, the state of their ecosystems deteriorates [6,8].

Base on different sources it is possible to find following definitions of eutrophication: "Eutrophication is an enrichment of water by nutrient salts that causes structural changes to the ecosystem such as: increased production of algae and aquatic plants, depletion of fish species, general deterioration of water quality and other effects that reduce and preclude use [1].

Since the last decades there were negative changes associated with the eutrophication process observed on these grounds. Consequently, periodically the water (because of algal bloom) is almost unable to be used, among others, for touristic, recreational, bathing and fishing reasons. Every year there are cases of cyanotoxin poisoning and allergic reaction reported, what

constitutes that the problem of eutrophication can have huge influence on human and animal health.

Lakes provide many crucial functions in different regions of the world that include: supplying of drinking water and providing environment for aquatic habitats and being integral component of local landscape, fishery place or area of recreation and tourism development.

Intensive agricultural production around water bodies – excessive fertilization, industrialization, urbanization, development of tourism and, lack of methods of lakes protection have an influence on an excessive load of phosphorus and nitrogen compounds in water. An excessive amount of nutrients in lakes is mainly a consequence of the progressive eutrophication. In overfertilized lakes, the usefulness of water for recreation, municipal, industrial and fishing purposes decrease, which results in specific economic consequences (increase in the cost of water treatment, losses in fish population, tourism, recreation). It is recognized that phosphorus is a limiting factor in primary production in the vast majority of inland water reservoirs. Currently, it is considered that eutrophication is the biggest danger to biodiversity of freshwater habitats [14].

Warmian-Masurian Voivodeship includes area, which is known as “Masurian Lake District”. It consists of more than 3000 lakes, including 2000 lakes greater than 1 ha. Negative changes associated with the eutrophication process were observed in this area since the last decades. As a consequence the water is periodically (because of algal bloom) almost unsuitable for touristic, recreational, bathing and fishing reasons [7, 12].

It is known that eutrophication process causes macro- and microchanges in a waterbody. These macrochanges can be seen with the naked eye every year as algal bloom, when water of some of lakes becomes green, turbid and unwell, because carries risks of allergy or cyanotoxin intoxication. The microchanges can be confirmed by water tests which show a presence of different types of bacteria including cyanobacteria group. Unfortunately, the process can negatively influence health of human and animals. It is known that algal bloom often includes also cyanotoxin development. The toxins, depending on the route of contamination, can cause fatal consequences to health and life [1].

The local landscape changes represent one of the offshoots associated with terrestrialization process (transforming of aquatic environment into land). It can be observed in the changes of the structure and appearance of the Warmian-Masurian lakes [10].

The simple methods of problem solution include: reduction in usage of natural and artificial fertilisers, removing sources of waste water discharge, as well as raising awareness about proper usage of water bodies (no use of detergents and other chemicals and no discharge of waste water from households and farms) and establishment of proper legislation. The advanced methods were introduced relatively recently and will be shown using the example of lakes in Szczytno.

The aim of the paper is to find relationships between eutrophication process and factors influencing the process (such as overfertilization of fields, animal husbandry, sewage outflow to waterbodies), to point out the hazards for humans and animals getting in contact with waterbodies containing cyanotoxins, as well as to find potential solutions and review the measures already taken.

Materials and methods. The work was mainly based on field observation, publications of researches, and the program of “lakes cleaning” in Szczytno and literature study, which confirmed the negative changes in structure of local associated with eutrophication and terrestrialization processes. To see these structural changes of lakes – terrestrialization – we compared the present state with old photos of the area and observed visible changes of coastline that became overgrown mainly by canes and typhas and former beaches that were replaced by plant life. To address the influence of that problem on human and animal health examples of allergic reactions caused by different kinds of bacteria through the contact with water, noticed by local people were shown and subsequently literature study confirmed that eutrophication can have an influence on human and animal health.

To point out possible ways of solution, the program of ‘lakes cleaning’ in Szczytno was used. The project was running for 3 years (from 2010 to 2013) and consisted of introducing of 71 tons of a polyaluminium coagulant under surveillance of scientists from the University of Warmia and Mazury. The observations and description of the process was used in this work as well. [15, 3, 4].

Results and discussion. Base on the literature resources and observation comparison it is possible to answer, which factors influence eutrophication in lakes in Szczytno (Poland) and what is their genesis?

One of the factors which have an influence on the eutrophication process is agriculture and more precisely using of excessive amounts of fertilizers (both organic and inorganic). As we know, farmers use protective agents as pesticides, fungicides, etc. to improve the harvest and protect plants. Agricultural fields in the Warmian-Masurian region are often localized near the waterbodies, including lakes. Then nitrogen and phosphorus compounds reach the water through soil retention [20] determined that almost all fertilizers reach natural waterbodies. They calculated and explained annual losses of components of fertilizers by the example of the water catchment area of the rivers reaching the sea. In the case of nitrogen, 1, 00 – 3,00kg NNH_4+NO_2 ha^{-1} and in case of phosphorus, 0,20 kg P_2O_2 ha^{-1} . Durkowski (1998) determined that in the case of intensive-fertilized lands 4% of the compounds reach the water (annually 5,5 kg Nha^{-1} and 0,6 kg Pha^{-1}). Lessow (1995) reported that 1-5% of phosphorus and 10-20% of nitrogen are rinsed to the local waterbodies [14, 18, 21].

The animal husbandry has also an influence on eutrophication process. It is known that manures and slurries are also rich in nitrogen and phosphorus. Organic fertilizers are in the Warmian-Masurian area. Animal husbandry leads to deposition of animal faeces, which are used to produce fertilizers. And whether that phosphorous and nitrogen compounds are included in artificial (mineral) (Tab.1) or natural (for example: manure) reach water through the soil [15, 18].

Table 1. Mineral nutrient content in the manure (kg/t)

Nutrient	Animal species			
	Cattle	Pigs	Horses	Sheep
N	4,7	5,1	5,4	7,5
P_2O_2	2,8	4,4	2,9	3,8

The next factor, which has an influence on increased level of phosphorus and nitrogen in water, is the sewage. According to Voivodship Fund for Environmental Protection and Water Management in Olsztyn [9] waterbodies in Szczytno were contaminated by waste water from local dairy, linum-processing factory, brewery and state auricular farm in Kamionek. There was a time when the pollution reached the water directly. Although a lot of industrial plants do not exist right now, the water for a long time was unsuitable for swimming. Fortunately, in recent years the sewage-management has changed in Poland and EU. On the one hand, it is reported that these changes improved the water state. But on another hand, inappropriate sewage-management leads to eutrophication process.

It is known that eutrophication leads to excessive load of phosphorus and nitrogen in water. Algal blooms which can be harmful for human and animal life are called HAB (harmful algal blooms) [11]. The process of algal bloom formation is complex. The planktonic bloom is the result of phytoplankton development (for example cyanobacteria, diatoms, green algae, flagellates). The result of their accumulation in the waterbody leads to sunlight inflow limitation to deep layers of water, which causes limitation of photosynthesis. These changes result in oxygen deficiency in water, phytoplankton decomposition what may be toxic and decreasing of water quantity as well as its smell and taste. The limited oxygenation has unfavourable effect on aquatic animals, what could be confirmed by observation of dead fish in lakes affected by algal bloom.

Starting from the eighteenth, but mainly in the nineteenth and twentieth centuries, there was an intensification of terrestrialization process, which significantly contributed to the acceleration of the lakes disappearance, as well as to the increasing rate of their eutrophication [19].

This manifested itself clearly in the areas that were predisposed to the development of agriculture, including the Masurian Lake District. In the 20th century, the area of most lakes in Poland decreased by about 44% [13]. The rate of such disappearance of water reservoirs has been recorded for about 160 years, growing every year. Small lakes and water reservoirs are

particularly susceptible to disappearing, transforming into swamps and then drying completely (Tab.2) [7].

Table 2. Changes in the area and number of lakes in Poland

Research area	Directory of Polish lakes [1954]		Directory of Polish lakes [2006]		
	Number of lakes	Area of lakes [ha]	Number of lakes	Area of lakes [ha]	Disappearance of lakes area [%]
Masurian like district	2704	144946,7	2061	130481,0	9,89
Poland	9296	316614,1	7081	280977,0	11,26

It can be concluded that the factors influencing accelerated eutrophication include industrial and agricultural activities, which causes a very intensive growth of algae and aquatic vegetation. As a result of excessive fertilization, surpluses of phosphorus and nitrogen compounds are washed out of the soil and are transported through underground and surface runoff to lake waters [18, 21].

Every year cases of cyanotoxin poisoning and allergic reaction are reported, what means that eutrophication can have huge influence on human and animal health? The first publication was written by George Francis (1878) [10, 17], who described the case of domestic and wild animals' death, watered from the shallow, offshore lake in Alexandrina in South Australia. Hepatotoxic cyanobacterium *Nodularia spumigena* had developed in the lake. The deaths of several hundred animals' horses, sheep, dogs and, pigs - occurred within 1-15 hours of consumption of the contaminated water or "sheepskin coats" [19].

Many cases of animal poisoning caused by contact with cyanobacteria have been reported. Death of domestic animals (e.g. dogs, ducks and young cattle) associated with blooms of *N. spumigena* was also recorded in the Baltic Sea region: in Sweden, Denmark, Germany and Finland. In Finland in 2004, cyanotoxin poisoning occurred within a few hours after the contact with it and included vomiting and diarrhoea. Some of the animals died as a result of circulatory disorders caused by excessive influx of blood to the liver. According to the World Wide Fund (2011) to the at-risk group practicing water sports such as swimming, sailing, surfing or water skiing belong. Occurrence of accidental digestion of the contaminated water or inhalation of aerosol containing cyanobacteria or their toxins is very often. It is confirmed that this way of transmission is more toxic than others. Also, potential risk can include the consumption of products, which can be contaminated by algae such as fish and seafood. It was proved that swallowing of just few millilitres of "blue-green algae soup" is associated with a real threat. Over 10 years ago in Brazil, many poisonings after drinking water covered by cyanobacterial blooms (*Microcystis* and *Anabaena*) were reported. About 2,000 patients felt different types of the digestive system iscomfort; and 88 of them died. Examples of human exposure to cyanotoxins during recreation, were reported from Canada (13 people), Great Britain (20 people) and Australia (852 people) [19].

In the Baltic region, in spite of intense blooms of toxic cyanobacteria, cases of poisoning are less documented than in the northern Poland (Barlevice Lake, Bertolt, Benecke). Mass death of birds, fish and farm animals, as well as cases of skin irritation of people who had contact with lake water were recorded already in 1884 [19].

It is known that cyanotoxins may have many properties, depending of cyanobacteria genera. Contact with cyanobacteria may result in skin irritations to nerve synapses damage.

Many repercussions associated with eutrophication forced people to find solutions to protect waterbodies. EU introduced proper legislation to regulate the sewage-management and financial fines for polluting lakes. For example, the law of 2001 on environmental protection in Poland regulates sewage outflows and its purifying [2, 16]. Also law, which regulates the proper doses of fertilizers has to control usage of fertilizers to protect environment from harmful effect of

overdosages of its components. There are also methods and solutions to reserve the effect of eutrophication and improve general state of the lakes, which was introduced relatively recently. The project realized in lakes in Szczytno is a good examples of that, where 71 tons of a polyaluminium coagulant was applied during 3 years from 2010 under surveillance of scientists from the University of Warmia and Mazury. The effect is well-seen, what is confirmed by reopening of the town beach after many years and, increased level of lake usage by local inhabitants, as well as tourists. There has been some scepticism from fishermen who claim that after introducing of the substance the fish population decreased. The lack of oxygen caused by the coagulant layer on the lake bottom lead to, decreased population of *Chironomidae* larvae that, is the main fish nourishment.

Conclusions. It can be concluded that the changes of water bodies in the, Warmian-Masurian Voivodeship are strongly associated with eutrophication process. The genesis of problem can include different factors such as over-usage of fertilizers, discharge of waste-water into waterbodies as well as reduction of self purification capacity. The eutrophication process has negative influence on human and animal. It was established that the main risk factor in this case are cyanotoxins, which can cause different complications. The results of comparing of observation and literature sources showed that the eutrophication is also associated with terrestrialization process. To avoid and withdraw that processes there are many solutions, starting with the simplest to advanced ones what is well-seen in Szczytno, where polyaluminium coagulant was used to 'clean' the lake. It lead to decrease of algal bloom, reduction in development of different types of bacteria, as well as to increase in the use of the lakes for recreational purposes.

Prospects for further research. Nowadays, the possible ways of genesis of eutrophication process are well-known and cyanotoxins peculiarities as well. The technological progress allowed people to find substances which can effectively treat the problem. The further research can be focused on finding different substances, which can be used to mitigate and eliminate eutrophication without side effects.

List of references

1. Даценко Ю. С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. ГЕОС: Москва. 2007. 252 с.
2. Денисова Н. В. Оценка степени антропогенного евтрофирования пойменных озер по фитопланктону. Гидробиол. журн., 2005, 6, с. 33–43.
3. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.
4. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жулинський, О.П. Оксіюк [та ін.]. Київ : СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.
5. Середа Т.М., Усов О.Є., Жежеря В.А., Цибульський О.І., Батог С.В. Оцінка процесів евтрофікації водних об'єктів річки Стрижень // Біоресурси і природокористування. Том. 10, № 5-6. 2018. С. 16-23.
6. Хамар І.С., Прокопів А.І. Гідромакрофіти озера Пісочне як індикатори трофності водойми. Биологический вестник 2004, 8 (2), с 13–15.
7. Choiński A. Katalog Jezior Polski, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań. 2006. 326 p.
8. Conley D., Paerl H., Howarth R., Boesch D. et al. Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus. Science Magazine 2009, 323, pp. 1014–1015.
9. Evaluation of the status of lakes located in the city of Olsztyn (Masurian lake district, N-E Poland) by the macrophytoindication method (MPhI). Hanna Ciecierska // Hydrobiologia. Vol. 570. 2006. PP. 141-146.
10. Health effects of toxic cyanobacteria in U.S. drinking and recreational waters: our current understanding and proposed direction. Timothy G. Otten, Hans W. Paerl // Current environmental health reports. Vol. 2. 2015. PP. 75-84.
11. Heisler J., Glibert P.M., Burkholder J.M., Anderson D.M., Cochlan W., Dennison W.C., Dortch Q., Gobler C.J, Heil C.A., Humphries E., Lewitus A., Magnien R., Marshall H.G., Sellner K., Stockwell D.A., Stoecker D.K., Suddleson M. Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus // *Harmful algae*. 8(1), 2008. 3-13.
12. Jasiński Grzegorz Statystyki językowe powiatów mazurskich z pierwszej połowy XIX wieku (do 1862 roku) // Komunikaty Mazursko-Warmińskie. 1, 2009. PP. 97-130.
13. Konatowska M., Rutkowski P. Zmiany powierzchni i poziomu lustra wody jeziora Kamińsko na przestrzeni ostatnich 150 lat, Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej, 2008.

14. Kubiak J., Tórz A. *Eutrofizacja. Podstawowe problemy wód jeziornych na Pomorzu Zachodnim*. Słupskie prace biologiczne 2, Akademia Rolnicza w Szczecinie 2005.
15. Ławniczak A. E., Kutyla S. Zmiany powierzchni wybranych obszarów chronionych na podstawie materiałów kartograficznych, *Przegląd geograficzny*, 2015.
16. Mazur-Marzec H. Toksyczne zakwity sinic w Morzu Bałtyckim i ich wpływ na ludzkie zdrowie. WWF Polska, 2011.
17. Poisonous Australian lakes. George Francis // *Nature*. Vol. 18. 1878. PP. 11-12.
18. Ptak M. Zmiany powierzchni i batymetrii wybranych jezior Pojezierza Pomorskiego. *Prace Geograficzne, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków*, 2013.
19. Ptak M., Marszelewski W. Antropogeniczne i naturalne uwarunkowania zaniku jezior na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim, *Roczniki Gleboznawcze, Warszawa*, 2011.
20. Wilamski J., Sliwa Z. Splyw składników nawozowych roślin ze zlewni rzek Przymorza Zachodniego [Summary: Outflow of fertilizer elements of plants from catchment areas of rivers of the Przymorze Zachodnie region]. *Mat. Bad. /MG W, Ser.: Gosp. Wod. i Ochr. W6d*, 25. 1978.
21. Zbierska J., Kupiec J. Ekologiczne skutki obniżenia poziomu wody w jeziorze Niepruszewskim, *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja, Kraków*, 2004.

References

1. Dacenko Yu. S. Evtrofirowanie vodohranilish. Hidrologo-gidrohimiicheskie aspekty [Eutrophication of reservoirs. Hydrological and hydrochemical aspects]. GEOS: Moskva. 2007. 252 s. [in Russian].
2. Denisova N. V. Ocenka stepeni antropogennogo evtrofirowaniya pojmnennyh ozer po fitoplanktonu [Assessment of the degree of anthropogenic eutrophication of floodplain lakes by phytoplankton]. *Gidrobiol. zhurn.*, 2005, 6, s. 33-43 [in Russian].
3. Metodi gidroekologichnih doslidzhen poverhnevih vod [Methods of hydroecological research of surface waters] / Za red. V.D. Romanenka. Kiyiv : LOGOS, 2006. 408 s. [in Ukrainian].
4. Metodika ekologichnoyi ocinki yakosti poverhnevih vod za vidpovidnimi kategoriyami [Methods of ecological assessment of surface water quality by relevant categories] / V.D. Romanenko, V.M. Zhulinskij, O.P. Oksiyuk [ta in.]. Kiyiv : SIMVOL-T, 1998. 28 s. [in Ukrainian].
5. Sereda T.M., Usov O. Ye., Zhezherya V.A., Cibulskij O.I., Batog S.V. Ocinka procesiv evtrofikaciyi vodnih ob'ektiv richki Strizhen [Estimation of eutrophication processes of Strizhen river water bodies] // *Bioresursi i prirodokoristuvannya*. Tom. 10, № 5-6. 2018. S. 16-23 [in Ukrainian].
6. Hamar I.S., Prokopiv A.I. Gidromakrofity ozera PISOCHNE yak indykatori trofnosti vodojmi [Hydromacrophytes of Lake PISOCHNE as indicators of water trophism]. *Biologicheskij vestnik* 2004, 8 (2), s. 13-15. [in Ukrainian].
7. Choinski A. *Katalog Jezior Polski [Catalog of Polish Lakes]* . Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznan. 2006. 326 p. [in Polish].
8. Conley D., Paerl H., Howarth R., Boesch D. et al. Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus. *Science Magazine* 2009, 323, pp. 1014-1015.
9. Evaluation of the status of lakes located in the city of Olsztyn (Masurian lake district, N-E Poland) by the macrophyte indication method (MPh). Hanna Ciecierska // *Hydrobiologia*. Vol. 570. 2006. PP. 141-146.
10. Health effects of toxic cyanobacteria in U.S. drinking and recreational waters: our current understanding and proposed direction. Timothy G. Otten, Hans W. Paerl // *Current environmental health reports*. Vol. 2. 2015. PP. 75-84.
11. Heisler J., Glibert P.M., Burkholder J.M., Anderson D.M., Cochlan W., Dennison W.C., Dortch Q., Gobler C.J, Heil C.A., Humphries E., Lewitus A., Magnien R., Marshall H.G., Sellner K., Stockwell D.A., Stoecker D.K., Suddleson M. Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus // *Harmful algae*. 8(1), 2008. 3-13. [in Polish].
12. Jasiński Grzegorz *Statystyki językowe powiatów mazurskich z pierwszej połowy XIX wieku (do 1862 roku) [Language statistics of Masurian poviats from the first half of the 19th century (until 1862)]* // *Komunikaty Mazursko-Warmińskie*. 1, 2009. PP. 97-130. [in Polish].
13. Konatowska M., Rutkowski P. Zmiany powierzchni i poziomu lustra wody jeziora Kaminsko na przestrzeni ostatnich 150 lat [Changes in the surface and water level of Lake Kaminsko over the last 150 years]. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Lesnej*. 2008. 265 p. [in Polish].
14. Kubiak J., Torz A. *Eutrofizacja. Podstawowe problemy wód jeziornych na Pomorzu Zachodnim [Eutrophication. Basic problems of lake waters in Western Pomerania]* // *Słupskie prace biologiczne 2, Akademia Rolnicza w Szczecinie* 2005. P. 17-36. [in Polish].
15. Ławniczak A. E., Kutyla S. Zmiany powierzchni wybranych obszarów chronionych na podstawie materiałów kartograficznych [Changes in the area of selected protected areas on the basis of cartographic materials] // *Przegląd geograficzny*. 1(87), 2015. PP. 95-107. [in Polish].

16. *Mazur-Marzec H.* Toksyczne zakwity sinic w Morzu Bałtyckim i ich wpływ na ludzkie zdrowie [Toxic blooms of cyanobacteria in the Baltic Sea and their impact on human health]. WWF Polska, 2011. 13 p. [in Polish].

17. Poisonous Australian lakes. George Francis // Nature. Vol. 18. 1878. PP. 11-12.

18. *Ptak M.* Zmiany powierzchni i batymetrii wybranych jezior Pojezierza Pomorskiego [Changes in the surface and bathymetry of selected lakes in the Pomeranian Lake District] // Prace Geograficzne. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ. Krakow. Zeszyt 133, 2013. PP. 61-67. [in Polish].

19. *Ptak M., Marszelewski W.* Antropogeniczne i naturalne uwarunkowania zaniku jezior na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim [Anthropogenic and natural conditions of the disappearance of lakes in the Wielkopolska-Kujawskie Lakeland]. Roczniki Gleboznawcze, Warszawa. 2011. 245 p. [in Polish].

20. *Wilamski J., Sliwa Z.* Splyw składników nawozowych roślin ze zlewni rzek Przymorza Zachodniego [Outflow of fertilizer elements of plants from catchment areas of rivers of the Przymorze Zachodnie region]. Mat. Bad. /MG W, Ser.: Gosp. Wod. i Ochr. W6d, 25. 1978 [in Polish]

21. *Zbierska J., Kupiec J.* Ekologiczne skutki obniżenia poziomu wody w jeziorze Niepruszewskim [Ecological effects of lowering the water level in the Niepruszewskie lake]. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja, Krakow, 2004 [in Polish]

Оцінка стану Вармінсько-Мазурських озер у Польщі внаслідок процесу евтрофікації

Лесняк-Мочук К., Скиба О.І., Білик Я. О., Федонюк Л. Я.

Стаття присвячена дослідженню причин та наслідків проблеми евтрофікації Вармінсько-Мазурських озер одноименого Воєводства в Польщі та пошуку можливих шляхів її вирішення. Евтрофікація, також відома як гіпертрофіка, - це процес збагачення водоїм поживними речовинами, особливо азотом і фосфором, що призводить до росту водоростей і водних рослин, наслідком чого є недостатнє постачання кисню і погіршення якості води. Сьогодні проблема евтрофікації стосується не лише країн Балтії, а й країн Західної Європи, як й усього світу загалом. Проблема евтрофікації також впливає на локальні ландшафтні зміни, оскільки вона тісно пов'язана з процесом терестриалізації, що прослідковується на території Вармінсько-Мазурського воєводства. Метою роботи є пошук взаємозв'язку між процесами евтрофікації, спричиненими ними екологічними проблемами, пошук потенційних рішень для вирішення проблеми, а також огляд зроблених на основі порівняння та спостережень літературних джерел. Робота базувалася на польових спостереженнях, публікаціях досліджень, спеціальній програмі «очищення озер» у Щитному та вивченні літератури, що підтвердило негативні зміни в структурі місцевого населення, пов'язані з процесами евтрофікації та терестриалізації. Щоб побачити структурні зміни озер внаслідок процесу терестриалізації, нами було порівняно їхній сучасний стан зі старими фотографіями місцевості. Було виявлено видимі зміни берегової лінії, яка заросла переважно очеретами та тифами, а також колишні пляжі, які були замінені рослинним світом. Щоб вказати можливі шляхи вирішення погіршення стану водоїм було використано програму «очищення озер» у Щитному. Проект тривав 3 роки (з 2010 по 2013 рр.) і полягав у введінні 71 тонни поліалюмінієвого коагулянта під наглядом вчених з Вармінсько-Мазурського університету. Зроблено висновок, що зміни водних об'єктів у Вармінсько-Мазурському воєводстві тісно пов'язані з процесом евтрофікації. Для того, щоб уникнути та зменшити ці процеси є чимало рішень, починаючи від найпростіших і закінчуючи складними, що добре видно в Щитно Вармінсько-Мазурського воєводства, де за допомогою поліалюмінієвого коагулянта «очищали» озеро. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на пошуку різноманітних речовин, які можна використовувати для пом'якшення та усунення процесу евтрофікації без побічних ефектів, як для навколишнього середовища, так і для людей.

Ключові слова: евтрофікація, озера, ціанотоксини, терестриалізація, цвітіння водоростей, Вармінсько-Мазурське воєводство.

Оценка состояния Варминско-Мазурских озер в Польше в связи с процессом эвтрофикации

Лесняк-Мочук К., Скиба Е.И., Билык Я. А., Федонюк Л. Я.

Статья посвящена исследованию причин и последствий проблемы эвтрофикации Варминско-Мазурских озер одноименного воєводства в Польше и поиска возможных путей ее решения. Эвтрофикация, также известна как гипертрофика, - это процесс обогащения водоемов питательными веществами, особенно азотом и фосфором, что приводит к росту водорослей и водных растений, следствием чего является недостаточное снабжение кислородом и ухудшение качества воды. Сегодня проблема эвтрофикации касается не только стран Балтии, но и стран Западной Европы, как и всего мира в целом. Проблема эвтрофирования также влияет на локальные ландшафтные изменения, поскольку тесно связана с процессом терестриализации, что прослеживается на территории Варминско-Мазурского воєводства. Целью работы является поиск взаимосвязи между процессами эвтрофикации, вызванными ими экологическими проблемами, поиск потенциальных постановлений для решения проблемы, а также обзор сделанных на основе сравнения и наблюдений литературных источников. Работа базировалась на полевых наблюдениях, публикациях исследований, специальной программе очистки озер в Щитном и изучении литературы, что подтвердило негативные изменения в структуре местного населения, связанные с процессами эвтрофикации и терестриализации. Чтобы увидеть структурные изменения озер в результате процесса терестриализации, нами было сравнено их современное состояние со старыми фотографиями местности. Были обнаружены видимые изменения береговой линии, заросшей преимущественно камышами и тифами, а также бывшие пляжи, замененные растительным миром. Чтобы указать возможные пути решения ухудшения состояния водоемов, была использована программа «очистка

озер» в Щитном. Проект длился 3 года (с 2010 по 2013 гг.) и заключался во введении 71 тонны полиалюминиевого коагулянта под наблюдением ученых из Варминско-Мазурского университета. Заключено, что изменения водных объектов в Варминско-Мазурском воеводстве тесно связаны с процессом эвтрофикации. Для того, чтобы избежать и уменьшить эти процессы, есть немало решений, начиная от простейших и заканчивая сложными, что хорошо видно в Щитно Варминско-Мазурского воеводства, где с помощью полиалюминиевого коагулянта «очищали» озеро. Дальнейшие исследования могут быть сосредоточены на поиске различных веществ, которые можно использовать для смягчения и устранения процесса эвтрофикации без побочных эффектов как для окружающей среды, так и для людей.

Ключевые слова: эвтрофикация, озера, цианотоксины, терестриализация, цветение водорослей, Варминско-Мазурское воеводство.

Надійшла до редколегії 19.11.2021

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.6>

УДК 504.5:502.51

Ельнікова Т.О.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНІВ (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ІРША ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Предметом дослідження є набір гідрохімічних та гідрологічних показників екологічного стану річки Ірша лівої притоки р. Тетерева (басейн Дніпра) у Житомирській області за період 2018-2019 рр. У роботі застосовано графічний метод комплексної оцінки якості води та методика екологічної оцінки якості поверхневих вод р. Ірша за відповідними категоріями. Метою дослідження є екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Ірша та аналіз впливу на неї гірничодобувної промисловості. Висновки. За результатами комплексної оцінки якості поверхневих вод на основі графічного методу виявлено, що у 2018-2019 рр. в цілому річкові води в обох створах спостереження у межах р. Ірша не відповідають вимогам якості, спостерігалися високі значення показників кратності перевищення ГДК для показника ХСК, розчиненого кисню, заліза загального та перманганатної окиснюваності в обох створах. Досліджено, що поверхневі води р. Ірша в обох створах відносяться до III класу якості води, що свідчить про значний антропогенний вплив, рівень якого близький до межі стійкості екосистем.

Ключові слова: екологічна оцінка, річка Ірша, гірничодобувна промисловість.

Вступ. Однією з найбільших екологічних проблем Житомирщини є проблеми, пов'язані з умовами скидання кар'єрних вод у водні об'єкти у результаті діяльності гірничодобувної промисловості і розроблення кар'єрів.

Житомирська область володіє добре розвиненою сировинною базою для виробництва будівельних матеріалів і налічує 297 родовищ і 63 об'єкти обліку корисних копалин, що застосовуються у будівництві. У межах території області на сьогоднішній день налічується 116 родовищ облицювального каменю (граніти, лабрадорити, габро, перекристалізовані вапняки) з широкою гамою кольорових і декоративних властивостей.

Кар'єрні води відкачуються з гранітних кар'єрів, які часто розробляються нижче рівня залягання підземних вод. Кар'єрні води практично прісні з мінералізацією переважно 0,5-0,8 г/дм³. Після осадження зважених часток (відстоювання) та очищення від нафтопродуктів (шляхом уловлення та фільтрування в бензомасилоуловлювачах) очищені кар'єрні води скидаються у поверхневі водні об'єкти. Частина кар'єрних вод використовується для технологічних потреб видобувних підприємств. При наданні умов скиду встановлюється граничнодопустимий скид і склад вод на рівні ГДК для рибогосподарських водойм за наступними показниками: завислі речовини, мінералізація, водневий показник; нафтопродукти; сухий залишок; сульфати; БСК₅; ХСК, фосфати; аміак; азот амонійний; хлориди; нітрити; нітрати; залізо загальне та ін. [1, 2].

Одним з найбільших підприємств Житомирської області є Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат у Хорошівському районі, метою якого є розробка родовищ ільменітової руди. Дане підприємство проводить гірничі роботи від їх проектування, розробки родовища корисних копалин до рекультивації відпрацьованих земель. Нещодавно підприємство розпочало розробку іршанської групи родовищ титанових руд.

В процесах діяльності Іршанського гірничо-збагачувального комбінату завдається значна шкода навколишньому середовищу. Порушується режим ґрунтових і поверхневих вод, скорочуються площі під лісові і сільськогосподарські угіддя, забруднюється атмосферне повітря [3].

На балансі комбінату знаходиться водоймище греблі №1 на річці Ірша в районі смт. Нова Борова проектною ємністю 30 млн. м³ води і займає площу 6,91 км². Воду використовують для підживлення систем зворотного водопостачання і господарсько-побутових потреб Іршанського ГЗК, смт. Іршанськ, підприємств у смт. Нова Борова і господарсько-побутові потреби цього селища. Отже майже всі комплекси кар'єрів знаходяться неподалік водних об'єктів.

Актуальність теми визначається важливістю використання води р. Ірша для різних цілей: джерело питного водопостачання, енергії, як рекреаційний об'єкт, для зрошення, риболовлі та ін.

Метою досліджень є екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Ірша та аналіз впливу на неї гірничодобувної промисловості.

Завдання дослідження включали: аналіз впливу на стан поверхневих вод р. Ірша гірничодобувної промисловості; графічний метод комплексної оцінки якості скиду води в р. Ірша; екологічне оцінювання сучасного стану якості води р. Ірша на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод за відповідними категоріями.

Аналіз попередніх досліджень. Екологічний вплив підприємств гірничодобувної промисловості розглянуто у ряді наукових робіт. Так О.О. Вовк, О.О. Печак, Н.А. Сидоренко [9] окреслили основні негативні геологічні наслідки ведення гірничодобувної діяльності в промислових регіонах України та надали деякі рекомендації щодо локалізації та зменшення небезпечних наслідків техногенних процесів (просідання ґрунту, зсувні процеси), які активізуються під час проведення гірничодобувних робіт. У наукових роботах Парінцева Д.К. та Прохорова Л.А. [4] розглянуто екологічний вплив на довкілля Запорізької області підприємств гірничодобувної промисловості та визначено основні напрямки екологізації виробництва. У роботах Улицького О.А. [5] проаналізовано параметри схематичної моделі поточного стану справ вугільного сектору України, охарактеризовано кількісний підхід до його визначення. Продемонстровано зв'язки поводження з побічними продуктами вуглевидобутку, що впливають на довкілля. Проведено оцінку безпеки та аналізу ризику, принципи планування заходів щодо виправлення ситуації [4, 5]. Також вивченню даної проблеми присвячено роботи Тамбовцев Г.В., Зав'ялова Т.В., Сапун Т.О., Вовкодав Г.М., Щербина К.Д [10, 11] та інших. Таким чином, робіт, присвячених даній проблемі є багато. Однак з кожним роком екологічна ситуація змінюється і змінюється відповідно кількість забруднюючих речовин, у тому числі, техногенного характеру, що надходять у водні об'єкти. Тому моніторинг за якістю водних об'єктів потрібно проводити регулярно.

Матеріали та методи дослідження. Вихідними матеріалами слугували інформаційні матеріали Державного агентства водних ресурсів та Державного управління охорони навколишнього природного середовища у Житомирській області. В якості вихідної інформації для дослідження якісного стану р. Ірша були використані дані гідрохімічних спостережень з двох контрольних створів річкової мережі Житомирської області. Моніторинг якісного стану вод р. Ірша здійснювався на затвердженому пункті державного моніторингу якості вод за 93 км від гирла, Іршанське водосховище, питний водозабір смт. Нова Борова та у пункті за 31 км від гирла питний водозабір м. Малина.

Екологічне оцінювання якості поверхневих вод р. Ірша виконано за даними систематичних спостережень за 2018-2019 роки на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України, яка включає набір гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних та інших показників, що відображають особливості складових водних екосистем.

Вихідні дані відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» були згруповані в три блоки показників: сольового складу води (I_1); трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) блоку (I_2); специфічних речовин токсичної дії (I_3) [7, 8].

У сольовий блок (I_1) входять хлориди, сульфати, критерій мінералізації. Еколого санітарний блок (I_2) включає: завислі речовини, рН, нітрати, нітроти, азот амонійний, фосфати, розчинений кисень, ХСК, БСК₅. Блок специфічних показників токсичної і радіаційної дії (I_3) налічує два компонента (залізо загальне та марганець). На основі значень блокових індексів згідно нормативів якості поверхневих текучих вод розраховується

інтегральний (екологічний) індекс (I_E), відповідно до значень якого встановлюється клас і категорія якості, що характеризує відповідну якість води [7, 8].

Результати дослідження. Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат (ІГЗК) знаходиться на водозбірній площі р. Ірша, лівої притоки р. Тетерів. Відповідно, під вплив даного підприємства потрапляє р. Ірша. При інфільтрації води через тіло дамб хвостосховищ, ставків-відстійників у поверхневі води надходять окислені води.

Основна виробнича діяльність ІГЗК – видобуток та збагачення ільменітовмісних пісків. До розкривних порід віднесені четвертинні відкладення, що представлені пісками, суглинками, а також відкладеннями верхньої крейди з піщано-кременистих порід. З метою очистки вод від зважених речовин, кар'єрні води подаються у ставки-відстійники, де відстоюються до нормативного рівня [6].

У дозволі на спеціальне водокористування (№ 124/ЖТ/49д-19 від 07.03.2018 року) задекларовано скид води з хвостосховища №1 в р. Ірша (випуск №2), що розташований у 40 м від моста через р. Ірша в с. Старики Коростенського району (аварійний випуск) (рис. 1).

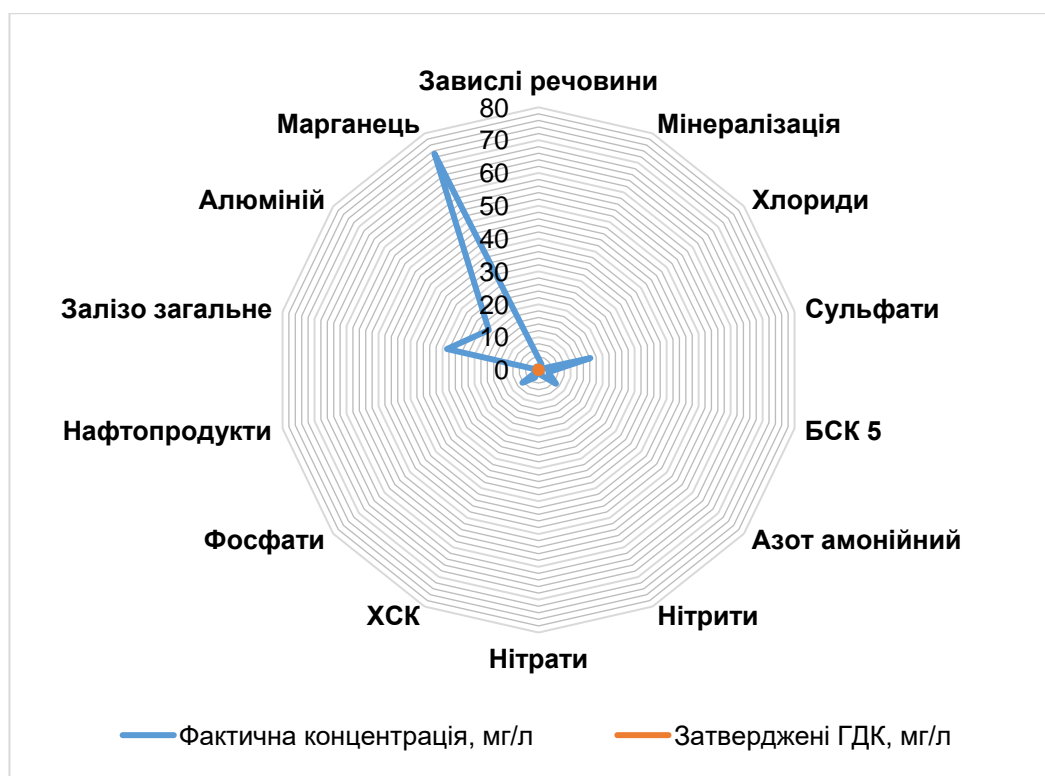


Рис. 1. Модель-карта хімічного складу води, що скидається з хвостосховища №1 Іршанського гірничо-збагачувального комбінату в р. Ірша

Аналіз результатів лабораторних досліджень якості води, що скидається в річку Ірша з хвостосховища №1 (випуск №2) вказує на перевищення встановлених нормативів. Так, фактичний показник концентрації марганцю у стічній воді $7,3 \text{ мг/дм}^3$ у 73 рази перевищує допустиму концентрацію $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Залізо загальне перевищує допустиму норму у майже у 29 разів. Концентрація алюмінію складає 19 ГДК. Азот амонійний перевищує ГДК майже у 7 разів. Також допустимі норми перевищували такі речовини, як фосфати (6,3 ГДК), завислі речовини (3,5 ГДК), БСК₅ (3,05 ГДК), мінералізація (1,98 ГДК), нітрити (1,75 ГДК).

Результати аналізу показують, що майже всі показники перевищують ГДК, що пояснюється наявністю у ґрунтах їх сполук, які потрапляють у воду.

Використовуючи «Методику екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [7, 8] були розраховані блокові індекси та інтегральний індекс екологічної оцінки якості поверхневих вод р. Ірша за 2018-2019 рр. та визначено клас та категорії якості води (табл. 1).

Таблиця 1. Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Ірша за результатами значень блокових індексів та інтегрального екологічного індексу

Блок	Показники	Величина / категорія			
		93 км від гирла		31 км від гирла	
		2018	2019	2018	2019
Блок показників сольового складу (I ₁)	Мінералізація, мг/дм ³	241/4	240/4	290/4	290/4
	Хлориди, мг/дм ³	20/4	21/5	23/5	24/5
	Сульфати, мг/дм ³	54/6	66/6	130/7	115/7
	Значення індексу I ₁	4,7	5	5,3	5,3
	Категорія	5	5	5	5
	Клас якості води	III	III	III	III
Блок трофо-сапробіологічних показників (I ₂)	Завислі речовини, мг/дм ³	6,50/2	5/2	5,5/2	6,5/2
	pH	7,7/2	7,6/2	7,7/2	7,6/2
	Азот амонійний, мг/дм ³	0,20/2	0,17/2	0,17/2	0,17/2
	Азот нітритний, мг/дм ³	0,05/5	0,04/5	0,04/5	0,03/5
	Азот нітратний, мг/дм ³	3/7	1,5/6	4,8/7	2,3/6
	Фосфати, мг/дм ³	0,02/2	0,03/2	0,02/2	0,03/2
	Розчинений кисень, мг/дм ³	11,50/1	10,84/1	11,50/1	10,84/1
	ХСК, мг/дм ³	30,96/4	28,62/3	30,96/4	28,62/3
	БСК ₅ , мг/дм ³	2,93/4	2,77/4	2,93/4	2,77/4
	Перманганатна окиснюваність, мг/дм ³	16/6	11/5	14/5	13/5
	Значення індексу I ₂	3,5	3,2	3,4	3,2
	Категорія	3	3	3	3
Клас якості води	II	II	II	II	
Блок специфічних показників (I ₃)	Залізо загальне, мг/дм ³	0,32/4	0,32/4	0,32/4	0,32/4
	Марганець, мг/дм ³	0,10/4	0,06/4	0,42/5	0,1/4
	Значення індексу I ₃	4	4	4,5	4
	Категорія	4	4	4	4
	Клас якості води	III	III	III	III
Екологічний індекс (I _E)	Значення індексу I _e	4.16	4	4,5	4,3
	Категорія	4	4	4	4
	Клас якості води	III	III	III	III

Блок показників сольового складу (I₁). Мінералізація відбиває фізико-географічні умови формування стоку і становила у середньому 270 мг/дм³. За критерієм мінералізації поверхневі води р. Ірша належать до 4 категорії III класу якості води, тобто до «прісних гіпогалінних вод», що за своїм станом характеризуються як «задовільні», а за ступенем чистоти «слабко забруднені».

Хлориди й сульфати завдяки своїй високій розчинності наявні в усіх природних водах у формі натрієвих, кальцієвих і магнієвих солей. Значення вмісту хлоридів у поверхневих водах р. Ірша коливається від 16,3 мг/дм³ до 34,3 мг/дм³, що в межах норми (300 мг/дм³). Якість води відповідає III класу («посередні») за класом, «помірно забрудненні» за ступенем чистоти).

Значення вмісту сульфатів протягом досліджуваних років коливалося від 32,3 мг/дм³ до 130,0 мг/дм³. У Іршанському водосховищі вміст сульфатів за 2018-2019 рр. становив в середньому 60 мг/дм³, що у межах екологічного оптимуму (100 мг/дм³) та відповідав IV класу якості води «погані» за станом, «брудні» за ступенем чистоти. У Малинському водосховищі протягом обох досліджуваних років спостерігалось перевищення гранично-

допустимих норм сульфатів переважно у першій декаді 130 мг/дм³, що належало до 7 категорії. Якість води характеризувалася V класом, «дуже погані» за станом, «дуже брудні» за ступенем чистоти.

Дослідження показали, що впродовж 2018-2019 рр. частина показників сольового блоку перевищували значення ГДК для водойм рибогосподарського призначення і поверхневі води р. Ірша в обох створах відносяться в середньому до III класу якості води («посередні» за станом, «помірно забруднені» за ступенем чистоти).

Блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників (I₂). За показниками даного блоку поверхневі води р. Ірша належать до II класу 3 категорії якості води. Варто відмітити, що найбільшим внеском у величину блокового індексу I₂ відзначалися такі показники як ХСК та перманганатна окиснюваність які перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення. Поверхневі води за даними показником ХСК належать до III класу 4 категорії якості води («задовільні» за станом, «слабко забруднені» за ступенем чистоти). За даними перманганатної окиснюваності поверхневі води належать до III класу 5 категорії якості води («посередні» за станом, «помірно забруднені» за ступенем чистоти).

Блок специфічних показників токсичної дії (I₃). Щодо блоку специфічних показників токсичної дії (I₃) зазначимо що в річковому басейні р. Ірша відслідковували наявність заліза загального та марганця. За період досліджень перевищення ГДК (у 3,2 рази) спостерігалось для заліза загального. Якість води за даним показником відповідає 4 категорії та III класу якості води. Якість води р. Ірша за даним блоком відповідає III класу якості («задовільні» за станом, «слабко забруднені» за ступенем чистоти).

Об'єднана екологічна оцінка (I_E). За підсумковим інтегральним екологічним індексом (I_E) поверхневі води р. Ірша відносяться до III класу 4 категорії якості води та характеризуються, як «задовільні» за станом, «слабко забруднені» за ступенем чистоти.

Висновки. Аналіз результатів лабораторних досліджень якості стічних вод, що скидається в річку Ірша з хвостосховища №1 (випуск №2) вказує на перевищення встановлених нормативів. Це пояснюється наявністю у ґрунтах їх сполук, які потрапляють у воду.

За результатами комплексної оцінки якості поверхневих вод виявлено, що у 2018-2019 рр. спостерігалися високі значення показників кратності перевищення ГДК для показників ХСК, розчиненого кисню, заліза загального та перманганатної окиснюваності в обох створах. В цілому річкова вода у двох створах спостереження р. Ірша не відповідає вимогам якості.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями показала, що поверхневі води р. Ірша відносяться до III класу 4 категорії якості води та характеризуються, як «задовільні» за станом, «слабко забруднені» за ступенем чистоти. Перевищення ГДК зафіксовано у трьох блоках. Це обумовлено високим антропогенним навантаженням у басейні р. Ірша, в першу чергу скидами недостатньо очищених стічних вод.

Отже, за наявного рівня забруднення р. Ірша першочерговим та пріоритетним завданням до виконання у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів є реалізація заходів, передбачених державними та регіональними цільовими програмами щодо зниження антропогенного навантаження та поліпшення стану поверхневих водних об'єктів.

Список літератури

1. Регіональна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища Житомирської області у 2019 році». Житомирська обласна державна адміністрація. Управління екології та природних ресурсів URL: <http://ecology.zt.gov.ua/Standov1.html> (дата звернення: 18.02.2021)

2. *Павельчук Є.М., Сніжко С.І.* Гідролого-гідрохімічні характеристики річок Житомирського Полісся в умовах глобального потепління. Житомир: В-во «Волинь», 2017. 244 с.

3. Екологічний паспорт Житомирської області. 2020. <http://ecology.zt.gov.ua/Standov1.html> (дата звернення: 16.02.2021)

4. *Парінцев Д.К., Прохорова Л.А.* Екологічний вплив підприємств гірничодобувної промисловості запорізької області на довкілля. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали VIII Міжнародної наукової конференції молодих вчених. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С. 100-102.

5. Улицький О.А. Оцінка негативного впливу побічних продуктів вуглевидобувної промисловості на стан довкілля. Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ІГНС, 2012. Вип. 21. С. 103-111.
6. Техноекология: підручник. / Мальований М.С. та ін.; за ред. М.С. Мальованого. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. 424 с.
7. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксїюк О.П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ, 1998. 28 с.
8. Проект Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями: УкрНДІЕП. Харків, 2012. 37 с. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/node/171> (дата звернення: 18.02.2021).
9. Вовк, О., Печак, О., Сидоренко, Н. Вплив гірничодобувного комплексу України на стан довкілля. Вісник Національного Авіаційного Університету, 2008. 34(1), С. 131–134. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.34.1547>.
10. Тамбовцев Г.В., Зав'ялова Т.В., Сапун Т.О. Екологічний вплив на геологічне середовище Запорізької області ПРАТ «Запорізький залізорудний комбінат». Соціальні та екологічні технології: актуальні проблеми теорії і практики: матеріали XI Міжнародної Інтернет-конференції. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. С.147-148.
11. Вовкодав Г.М., Щербина К. Д. Узагальнена характеристика впливу промислових хвостосховищ на навколишнє природне середовище. Екологія, неоекотологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали VIII Міжнародної наукової конференції молодих вчених. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С. 132-133.

References

1. Zhytomyrska oblasna derzhavna administratsiia. Upravlinnia ekolohii ta pryrodnykh resursiv (2020) Rehionalna dopovid «Pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Zhytomyrskoi oblasti u 2019 rotsi» [Regional report "On the state of the environment of Zhytomyr region in 2019". Zhytomyr Regional State Administration. Department of Ecology and Natural Resources]. Zhytomyr. Retrieved from <http://ecology.zt.gov.ua/StanDov1.html> (accessed 18 November 2020) [in Ukrainian].
2. Pavelchuk, Ye.M., Snizhko, S.I. Hidroloho-hidrokhimichni kharakterystyky richok Zhytomyrskoho Polissia v umovakh hlobalnoho poteplinnia [Hydrological and hydrochemical characteristics of the rivers of Zhytomyr Polissya in the conditions of global warming]. Zhytomyr: V-vo «Volyn'», 2017. 244 s [in Ukrainian].
3. Ekolohichniy pasport Zhytomyrskoi oblasti [Ecological passport of Zhytomyr region]. (2020). Retrieved from <http://ecology.zt.gov.ua/StanDov1.html> [in Ukrainian].
4. Parintsev D.K., Prokhorova L.A. Ekolohichniy vplyv pidpriemstv hirnychodobuvnoi promyslovosti zaporizkoi oblasti na dovkillia [Ecological impact of mining enterprises of Zaporizhia region on the environment]. Ekolohiia, neоекотологія, okhorona navkolyshn'oho seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia: materialy VIII Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii molodykh vchenykh. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina, 2020. S. 100-102. [in Ukrainian].
5. Ulytskyi, O.A. Otsinka nehatyvnoho vplyvu pobichnykh produktiv vuhlevydobuvnoi promyslovosti na stan dovkillia [Assessment of the negative impact of by-products of the coal industry on the environment]. Zbirnyk naukovykh prats' Instytutu heokhimii navkolyshn'oho seredovyscha. Kyiv: IHNS, 2012. Vyp. 21. S. 103-111. [in Ukrainian].
6. Malovanyi, M.S., Painted, M.S., Bogolyubov, V.M., Shanina, T.P., Shmandiy V.M., Safranov, T.A. Tekhnoekolohiia [Technoecology]. M.S. Malovanoho (Ed.). L'viv: Natsional'nyj universytet «L'vivska politekhnika», 2013. 424 s. [in Ukrainian].
7. Romanenko V.D., Zhukyns'kyj V.M., Oksiiuk O.P. ta in. Metodyka ekolohichnoi otsinky iakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiami [Methods of ecological assessment of surface water quality by relevant categories]. Kyiv, 1998. 28 s. [in Ukrainian].
8. Proekt Metodyky ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiami [Draft Methodology of ecological assessment of surface water quality by relevant categories]. Kharkiv, 2012. 37 s. Retrieved from <http://www.niiep.kharkov.ua/node/171> [in Ukrainian].
9. Vovk, O., Pechak, O., Sydorenko, N. (2008). Vplyv hirnychodobuvnoho kompleksu Ukrainy na stan dovkillia [The impact of the mining complex of Ukraine on the environment]. Visnyk Natsional'noho Aviatsijnoho Universytetu, 2008. 34(1), S. 131–134. [in Ukrainian].
10. Tambovtsev H.V., Zavalova T.V., Sapun T.O. Ekolohichniy vplyv na heolohichne seredovysche Zaporizkoi oblasti PRAT «Zaporizkyi zalizorudnyi kombinat» [Ecological impact on the geological environment of Zaporizhia region PJSC "Zaporizhzhya Iron Ore Plant"]. Sotsial'ni ta ekolohichni tekhnolohii: aktual'ni problemy teorii i praktyky: materialy Khl Mizhnarodnoi Internet-konferentsii. Melitopol': TOV «Kolor Prynt», 2019. S.147-148. [in Ukrainian].

11. *Vovkodav H.M., Shcherbyna K.D. Uzhahalna kharakterystyka vplyvu promyslovykh khvostokhovyshch na navkolyshnie pryrodne seredovyshche [Generalized characteristics of the impact of industrial tailings on the environment]. Ekolohiia, neoekolohiia, okhorona navkolyshn'oho seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia: materialy VIII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii molodykh vchenykh. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina, 2020. S. 132-133. [in Ukrainian].*

Экологическая характеристика водных объектов горнодобывающих регионов (на примере реки Ирша Житомирской области)

Ельникова Т.А.

Предметом исследования является набор гидрохимических и гидрологических показателей экологического состояния реки Ирша левой притоки Тетерева (бассейн Днепра) в Житомирской области за период 2018-2019 гг. В работе применен графический метод комплексной оценки качества воды и методика экологической оценки качества поверхностных вод реки Ирша по соответствующим категориям. Целью исследования является экологическая оценка качества поверхностных вод Ирша и анализ влияния на нее горнодобывающей промышленности. По результатам комплексной оценки качества поверхностных вод на основе графического метода выявлено, что в 2018-2019 гг. в целом речные воды в обоих пунктах наблюдения в пределах реки Ирша не соответствуют требованиям качества, наблюдались высокие значения показателей кратности превышения ПДК для показателя ХСК, растворенного кислорода, железа общего и перманганатной окисляемости в обоих пунктах. Исследовано, что поверхностные воды реки Ирша в обоих пунктах относятся к III классу качества воды, что свидетельствует о значительном антропогенном влиянии, уровень которого близок к пределу устойчивости экосистем.

Ключевые слова: экологическая оценка, река Ирша, горнодобывающая промышленность.

Ecological characteristics of water bodies of mining regions (on the example of the Irsha river of Zhytomyr region)

Yelnikova T.O.

The urgency of the topic is determined by the importance of using the water of the Irsha River for various purposes: a source of drinking water, a source of energy, use it as a recreational facility, for irrigation, fishing, etc. The Irsha River is under the influence of the Irsha Mining and Processing Plant. When water infiltrates through the body of tailings dams, settling ponds, oxidized water enters surface waters. The aim of the research is the ecological assessment of the surface water quality of the Irsha River and the analysis of the impact of the mining industry on it. The task of the study is to analyze the impact on the state of surface waters of the river Irsha mining industry.

The subject of the study is a set of hydrochemical and hydrological indicators of the ecological status of the river Irsha, left tributary of the Teteriv River (basin of Dnipro) in the Zhytomyr region for the period 2018-2019. The graphic method of complex assessment of water quality and the method of ecological assessment of surface water quality of the river Irsha according to the corresponding categories are applied in the work. The purpose of the study is the ecological assessment of the surface water quality of the Irsha River and the analysis of the impact of the mining industry on it. Analysis of the results of laboratory studies of the quality of wastewater discharged into the Irsha River indicates exceeding the established standards. This is due to the presence of pollutants in the soil that enter into the water. According to the results of a comprehensive assessment of surface water quality based on the graphical method, it was found that in 2018-2019 in general river waters in both observation sites within the Irsha River do not meet quality requirements, there were high values of MPC for dissolved oxygen, total iron and permanganate oxidation in both alignments. It is investigated that the surface waters of the river Irsha in both springs belong to the III class of water quality, which indicates a significant anthropogenic impact, the level of which is close to the limit of ecosystem stability. This is due to the high anthropogenic load in the Irsha river basin, primarily due to discharges of insufficiently treated wastewater. The results of research indicate a significant anthropogenic impact, the level of which is close to the limit of ecosystem sustainability. Given the current level of pollution of the Irsha River, the priority task in the field of environmental protection, rational use of natural resources is the implementation of measures provided by state and regional target programs to reduce anthropogenic pressure and improve surface water bodies.

Key words: ecological assessment, Irsha river, mining industry.

Надійшла до редколегії 15.11.2021

**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 публікації – 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/дм³ (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:

Khilchevskiy V.K. Hidroekologichni 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 hidroekologhiia. 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 проставлено 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.

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Періодичний науковий збірник

2021 рік

№ 4 (62)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – Москаленко С.О.

Підписано до друку 29.12.2021
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 Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 4 (62)