

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
№ 3 (65)

Київ

2022

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Період. наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. 2022. № 3 (65). 143 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

Periodic scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2022. № 3(65). 143 p.

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

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

*Рекомендовано до друку Вченою радою
географічного факультету
Київського національного університету
(13 вересня 2022 р., протокол № 2)*

Адреса видавця та редколегії:

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

Телефон редколегії: (044) 521-32-29.

E-mail: hydrozbirnyk-knu@ukr.net
luko15_06@ukr.net

ISSN:2306-5680

© Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2022

ISSN:2306-5680 Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)

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

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., Гребін В.В.

Деякі аспекти щодо стану території районів річкових басейнів та моніторингу вод під час вторгнення Росії в Україну (2022 р.)

6

Іванов Є.А., Блажко Н.Б., Пилипович О.В.

Болота Малого Полісся та їхнє геоекологічне значення.....

15

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Сарнавський С.П., Гребін В.В.

Ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі лівобережжя Середнього Дніпра від періоду систематизації інформації про річки до періоду комплексних досліджень (XIX ст. – поч. XXI ст.).....

24

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Жежеря Т.П., Жежеря В.А., Линник П.М.

Міграція біогенних елементів з донних відкладів як додаткове внутрішнє навантаження поживними речовинами на водойми урбанізованої території

57

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЛОБАЛЬНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ

Shpyg V.M., Shcheglov O.A.

Influence of land use categories on WRF forecast and its accuracy

68

Пясецька С.І.

Відкладення ожеледі категорії НЯ (небезпечна) та СГЯ (стихійна) масового характеру розповсюдження на території України протягом десятиріч 1991-2000 рр., 2001-2010 рр., 2011-2020 рр.

78

Рибченко Л.С., Савчук С.В.

Визначення змін складових радіаційного режиму сонячної радіації за 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр. в Україні.....

96

Дворецька І.В., Савенець М.В., Надточій Л.М., Баштаннік М.П., Жемера Н.С.

Удосконалення діючої системи спостережень за якістю атмосферного повітря в м. Києві у відповідності до вимог ЄС.....

105

Кухтенко Я. В., Тимофєєв В.Є.

Порівняння супутникових та наземних даних спостережень тривалості сонячного сяйва на прикладі території України.....

117

ВИЙШЛИ З ДРУКУ

Забокрицька М.Р.

Вийшов з друку перший в Україні «Гідрологічний словник» (2022 р.).....

128

Любіцева О.О.

Опубліковано оригінальний навчальний посібник «Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води» (2022 р.).....

133

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія».....

140

CONTENTS

GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.

Some aspects regarding the state of the territory of the river basins districts and water monitoring during Russia's invasion of Ukraine (2022)..... 6

Ivanov Ye. A., Blazhko N. B., Pylypovych O. V.

Swamp of Male Polissia and their geoecological significance..... 15

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Sarnavskiy S.P., Grebin V.V.

Retrospective analysis of studies of the river network of the Left Bank of the Middle Dnieper (from the period of systematization of information about the rivers - the beginning of XIX century - to the period of comprehensive studies - beginning of the XXI century)..... 24

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Zhezherya T.P., Zhezherya V.A., Lynnyk P.M.

Migration of biogenic elements from bottom sediments as an additional internal load of nutrients on the water bodies of the urban area 57

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF GLOBAL HYDROLOGICAL CYCLE RESEARCH

Shpyg V.M., Shcheglov O.A.

Influence of land use categories on WRF forecast and its accuracy 68

Pyasetska S. I.

Deposition of ice in the category of DP (dangerous) and SHP (spontaneous) hydrometeorological phenomena of mass distribution in Ukraine during the decades 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020. 78

Rybchenko L.S., Savchuk S.V.

Determination of changes in the component radiation regime of solar radiation for 1991-2020 years in relation to 1961-1990 years in Ukraine 96

Dvoretska I.V., Savenets M.V., Nadtochii L.M., Bashtannik M.P., Zhemera N.S

Improvement of the current system for atmospheric air quality monitoring in Kyiv according to the EU requirements 105

Kykhtenko Y.V., Tymofeev V.E.

Comparison of satellite and terrestrial data of observations of sunshine duration on the example of the territory of Ukraine 117

PRINTED

Zabokrytska M.R.

First in Ukraine "Hydrological Dictionary" was published (2022) 128

Lyubitseva O.O.

Original textbook " Water bodies of Ukraine and recreational assessment of water quality" was published 133

Presenting and official registration of the articles for the scientific periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology»..... 140

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.1>

УДК 556.5 + 355.4

Хільчевський В.К., Гребін В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЩОДО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ РАЙОНІВ РІЧКОВИХ БАСЕЙНІВ ТА МОНІТОРИНГУ ВОД ПІД ЧАС ВТОРГНЕННЯ РОСІЇ В УКРАЇНУ (2022 р.)

Президент України Володимир Зеленський зазначив, що станом на 2 червня 2022 р. російські війська контролювали близько 20 % території України. Метою даної статті є оцінювання стану територій районів річкових басейнів України щодо їхнього потрапляння під контроль російських військ влітку 2022 р., а також можливості проведення моніторингу згідно з програмою державного моніторингу вод, затвердженої наказом Міндовкілля України на 2022 р. В результаті вторгнення Росії в Україну, станом на 1 серпня 2022 р. на території, яка тимчасово контролювалася російськими військами: а) повністю знаходилися 2 райони басейнів річок - Криму (з 2014 р.) та Приазов'я; б) частково перебували 4 райони басейнів річок: бл. 69 % території району басейну р. Дон, 22 % - району басейну річок Причорномор'я, 6% - району басейну р. Дніпро. З крупних водних об'єктів на захопленій російськими військами території влітку 2022 р.: а) повністю знаходилися 2 великі канали: Північно-Кримський та Каховський магістральний; б) частково перебував 1 канал - 40% протяжності каналу Сіверський Донець-Донбас; в) значна частина річки Сіверський Донець (район Донбасу); г) нижня частина Каховського водосховища (разом з Каховською ГЕС).

З початку воєнної агресії Росії в системі Держводагентства України припинила роботу одна з 4-х базових регіональних лабораторій моніторингу вод (Східного регіону). Через напружену оперативну військову ситуацію в березні 2022 р. підрозділи Держводагентства відібрали проби води лише на 35 % пунктів моніторингу. А вже в липні 2022 р. проби води було відібрано на 68 % пунктів, передбачених програмою державного моніторингу вод.

Ключові слова: вторгнення Росії в Україну, водні конфлікти, район річкового басейну, моніторинг вод, Україна.

Вступ. Характеризуючи військову агресію, яку розпочала Російська Федерація проти України 24 лютого 2022 р., Президент України Володимир Зеленський у зверненні до Палати депутатів Люксембургу 2 червня 2022 р. зазначив: «Станом на сьогодні російські війська контролюють близько 20 % території України, це 125 тисяч км²» [3].

Відомо, що в ході збройних конфліктів і війн часто навмисно або ненавмисно завдається шкода водним об'єктам (водній інфраструктурі), тобто виникають водні конфлікти [8, 16].

Водні конфлікти згідно з міжнародною класифікацією поділяються на типи залежно від використання води, впливу на воду чи ролі води під час конфлікту [23]. Вода (або водна система) може бути тригером, зброєю або жертвою.

Вода як тригер - вода є ключовою причиною конфлікту, коли виникає суперечка за контроль над водним об'єктом або коли економічний та фізичний доступ до води пов'язаний з насильством.

Вода як зброя - водні об'єкти (водні ресурси) використовуються як інструмент в збройному конфлікті.

Вода як жертва - забруднення водних об'єктів, руйнування або пошкодження водної інфраструктури як навмисно, так і випадково в наслідок збройних конфліктів.

Територія України займає площу 603,7 тис. км² (для порівняння площі деяких країн: Франція із заморськими територіями 643,8 тис. км²; ФРН – 357 тис. км²; Велика Британія - 242,5 тис. км²). Згідно гідрографічного районування України 2016 р., на її території виділено 9 районів річкових басейнів, управління якими здійснюється відповідними басейновими управліннями Державного агентства водних ресурсів (Держводагентства) України. Постає питання – а які райони річкових басейнів України або їхні частини

потрапляють на територію, яку тимчасово контролювали російські війська влітку 2022 р.? Як здійснюється моніторинг вод?

Аналіз виконаних раніше досліджень. Одним з перших розгляд проблеми водних конфліктів у світі започаткував у 1990-і роки американський вчений Пітер Глейк [16, 17]. Ним було запропоновано першу класифікацію водних конфліктів.

Серед українських авторів у контексті дослідження питання водних конфліктів, пов'язаних зі збройними діями як у світі, так і в Україні, можна відзначити публікації В.К. Хільчевського, зокрема по класифікаційних ознаках водних конфліктів [8, 10, 21], водних конфліктах на Донбасі після 2014 р. [7, 22]. В роботі С.П. Іванюти, яка стосується забезпечення надійного функціонування системи водопостачання Донбасу наголошується на зниженні ризиків виникнення надзвичайних ситуацій у контексті захисту критичної інфраструктури [4]. В технічному звіті координатора проектів ОБСЄ в Україні за 2018 р. охарактеризовано басейн Сіверського Дінця та чинники впливу на його стан в умовах військових дій [6].

Питання екологічної небезпеки гідросфери Донбасу на етапі затоплення вугільних шахт у складних умовах після 2014 р. розглядаються в публікаціях Є.О. Яковлева зі співавторами [15, 26].

Варто зазначити, що трактування поняття «водний конфлікт» вже потрапило до «Гідрологічного словника» [9] та «Гідрохімічного словника» [14], виданих в Україні в 2022 р.

Проявляється також інтерес міжнародної наукової громадськості як до загальних екологічних проблем, пов'язаних з війною Росії в Україні [18, 24], так і до гідрологічних. Зокрема, відзначається, що українська "річка-герой" Ірпінь допомогла врятувати Київ весною 2022 р. під час наступу російських військ. Але яка подальша доля її басейну? [25].

Мета даного дослідження – оцінити стан територій деяких районів річкових басейнів України щодо їхнього потрапляння під тимчасовий контроль російських військ влітку 2022 р., а також можливості проведення моніторингу згідно з програмою державного моніторингу вод, затвердженої наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України на 2022 р.

Матеріали та методи дослідження. Використано матеріали з офіційного сайту Держводагентства України стосовно моніторингу вод в 2022 р. [1, 2], інтерактивну карту Інституту дослідження війни (ISW) – аналітичного центру, який міститься у Вашингтоні, США [19], опубліковані матеріали з гідрографічного районування території України 2016 р. [13], сучасних кількісних характеристик водних об'єктів і водних ресурсів [11, 12, 20], проявах водних конфліктів [7, 8, 22]. Застосовувалися методи статистичного оцінювання та картографічної інтерпретації.

Виклад основного матеріалу

1. Гідрографічне районування території України

Гідрографічне районування – поділ території України на гідрографічні одиниці, що здійснюється для розроблення та впровадження планів управління річковими басейнами. Найважливішою одиницею є район річкового басейну.

Район річкового басейну – головна одиниця управління у галузі використання та охорони вод та відтворення водних ресурсів, що складається із річкового басейну (сусідніх річкових басейнів) та пов'язаних з ними прибережних і підземних вод. Район річкового басейну може поділятися на дрібніші одиниці – суббасейни (табл. 1).

Суббасейн – частина річкового басейну, стік води з якої послідовно через пов'язані водойми і водотоки здійснюється до головної річки басейну або водогосподарської ділянки нижче за течією.

В Україні встановлено 9 районів річкових басейнів: Дніпра; Дністра; Дунаю; Південного Бугу; Дону; Вісли; річок Криму; річок Причорномор'я; річок Приазов'я (рис. 1). В деяких районах басейнів річок виділені суббасейни – всього 13 (див. табл. 1).

2. Райони басейнів річок України і територія, яка тимчасово контролювалася російськими військами на 1 серпня 2022 р.

З початку вторгнення Росії в Україну 24 лютого 2022 р. Інститут дослідження війни (США) публікує інтерактивну карту із зображенням території України, яку контролювали російські війська в різні періоди [19]. В даній статті використано карту за 01.08.2022 р. і

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)

суміщено з картою гідрографічного районування України. Як видно з рис. 1, на 01.08.2022 р. на території, яка тимчасово контролювалася російськими військами, повністю залишалися район басейну річок Криму (з 2014 р.) та район басейну річок Приазов'я. За допомогою програмного забезпечення ArcGIS визначено, що близько 69 % території району басейну р. Дон, 22 % району басейну річок Причорномор'я, 6 % району басейну р. Дніпро знаходилися під окупацією (табл. 2).

Таблиця 1. Перелік районів річкових басейнів та суббасейнів згідно гідрографічного районування території України, 2016 р. [13]

№	Назва району річкового басейну	№	Назва суббасейну
1	Район басейну річки Дніпро	1	Суббасейн Верхнього Дніпра
		2	Суббасейн Середнього Дніпра
		3	Суббасейн Нижнього Дніпра
		4	Суббасейн річки Прип'ять
		5	Суббасейн річки Десна
2	Район басейну річки Дністер		
3	Район басейну річки Дунай	6	Суббасейн річки Тиса
		7	Суббасейн річки Прут
		8	Суббасейн річки Сірет
		9	Суббасейн Нижнього Дунаю
4	Район басейну річки Південний Буг		
5	Район басейну річки Дон	10	Суббасейн річки Сіверський Донець
		11	Суббасейн Нижнього Дону
6	Район басейну річки Вісла	12	Суббасейн річки Західний Буг
		13	Суббасейн річки Сан
7	Район басейну річок Криму		
8	Район басейну річок Причорномор'я		
9	Район басейну річок Приазов'я		

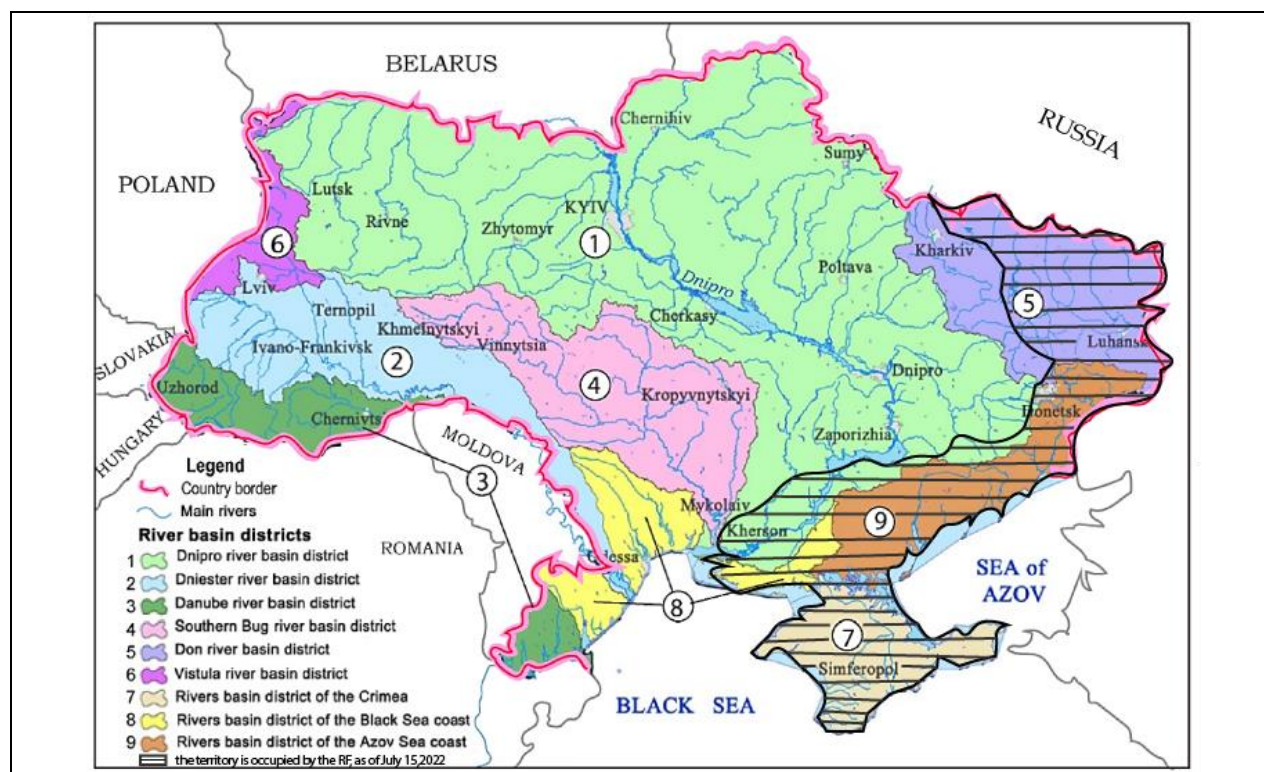


Рис. 1. Картосхема гідрографічного районування України, на якій позначено чорними штриховими лініями територія, яка тимчасово контролювалася військами Російської Федерації станом на 1 серпня 2022 р.; джерело: розробка авторів з використанням карти ISW [19]

Таблиця 2. Території районів басейнів річок України, що тимчасово контролювалися військами Російської Федерації (РФ) станом на 01.08. 2022 р. (джерело: розробка авторів)

Назва району річкового басейну	Площа району річкового басейну, км ²	Площа, тимчасово окупована РФ, км ²	Площа, тимчасово окупована РФ, %
Район басейну річок Криму	26943,7	26943,7	100
Район басейну річок Приазов'я	36473,1	36473,1	100
Район басейну річки Дон	54611,0	37647,8	69
Район басейну річок Причорномор'я	27129,5	6003,5	22
Район басейну річки Дніпро	295525,3	19162,8	6

3. Поверхневі водні об'єкти

У табл. 3 кількісно охарактеризовано поверхневі водні об'єкти в Україні..

Таблиця 3. Кількість водних об'єктів в Україні [11]

Водні об'єкти	Кількість	Примітки
Водотоки		
Річки	63119	<i>Великі</i> (> 50 тис. км ²) – 8 річок: Дніпро, Дністер, Дунай, Десна, Прип'ять, Південний Буг, Сіверський Донець, Тиса. <i>Середні</i> (2,0-50 тис. км ²) – 82 річки. <i>Малі</i> (< 2,0 тис. км ²) – 63029 річок (або 99,87%)
Канали	6	Північно-Кримський – 403 км, Дніпро–Донбас – 262 км, Дніпро–Інгулець – 151 км, Сіверський Донець–Донбас – 133 км, Каховський – 130 км, Дніпро–Кривий Ріг – 42 км
Водойми		
Озера	20000	<i>Дуже великі</i> (> 100 км ²) – озеро Ялпуг <i>Великі</i> (10–100 км ²) – 21 озеро <i>Середні</i> (1–10 км ²) – бл. 70 озер <i>Малі</i> (0,5–1,0 км ²) та <i>дуже малі</i> (< 0,5 км ²) – всі інші озера (або 99,54 %)
Водосховища	1054	<i>Дуже великі</i> (10–50 км ³) – 2 водосховища на Дніпрі (Кременчуцьке і Каховське) <i>Великі</i> (1,0–10 км ³) – 5 водосховищ: з них 4 на Дніпрі (Київське, Канівське, Кам'янське, Дніпровське) і одне на Дністрі (Дністровське) <i>Середні</i> (0,1–1,0 км ³) – 11 водосховищ (1,0%) <i>Невеликі</i> (0,01–0,1 км ³) – 88 водосховищ (8,4%) <i>Малі</i> (< 0,01 км ³) – 948 водосховищ (89,9%)
Стави	50793	<i>Дуже великі</i> (> 500 тис. м ³) та <i>великі</i> (200–500 тис. м ³) – 13% <i>Середні</i> (50–200 тис. м ³) – 29% <i>Малі</i> (10-50 тис. м ³) та <i>дуже малі</i> (< 10 тис. м ³) – 58%

На території, яка тимчасово контролювалася російськими військами влітку 2022 р., виявилися: з **великих річок** - значна частина басейну р. Сіверський Донець (район Донбасу); з **крупних каналів** – повністю Північно-Кримський та Каховський магістральний канали, 40% протяжності каналу Сіверський Донець-Донбас (табл. 4); з **великих водосховищ** – нижня частина Каховського водосховища (разом з ГЕС).

Таблиця 4. Протяжність крупних каналів України, що тимчасово контролювалися військами Російської Федерації (РФ) станом на 1 серпня 2022 р. (джерело: розробка авторів)

Назва каналу	Довжина, км	Протяжність каналу, тимчасово окупована РФ, км	Протяжність каналу, тимчасово окупована РФ, %
Північно-Кримський канал	403	403	100
Каховський магістральний канал	130	130	100
Канал Сіверський Донець-Донбас	133	54	40

4. Програма державного моніторингу вод

Моніторинг поверхневих вод на території України відповідно до програми державного моніторингу вод (в частині діагностичного та операційного моніторингу поверхневих вод), затвердженої наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 05.01.2022 № 1, забезпечує Держводагентство України [5].

Через напружену оперативну військову ситуацію в березні 2022 р. підрозділам Держводагентства вдалося відібрати проби води лише на 35 % пунктів моніторингу. А вже в липні 2022 р. в системі Держводагентства проби води було відібрано в 398 пунктах моніторингу [1], що становить 68 % від кількості пунктів, передбачених Програмою (583 пункти) - табл. 5.

Таблиця 5. Дані про кількість пунктів моніторингу поверхневих вод (в т. ч. в місцях питних водозаборів) на території України, на яких відібрано проби Держводагентством України в липні 2022 р. (джерело: табл. укладена авторами за [1])

Назва району річкового басейну	Кількість пунктів моніторингу вод згідно з програмою державного моніторингу	Кількість пунктів моніторингу вод, на яких фактично відібрані проби в липні 2022 р., од. (%)
Район басейну річки Дніпро	210	129 (61 %)
Район басейну річки Дністер	92	92 (100 %)
Район басейну річки Дунай	101	98 (97 %)
Район басейну річки Південний Буг	50	37 (74 %)
Район басейну річки Дон	72	8 (11 %)
Район басейну річки Вісла	23	23 (100 %)
Район басейну річок Криму	*_	—
Район басейну річок Причорномор'я	16	11 (69 %)
Район басейну річок Приазов'я	19	0 (0 %)
Всього	583	398 (68 %)

Примітка. * – для району басейну річок Криму, анексованого Російською Федерацією в 2014 р., пункти моніторингу вод Програмою [5] на 2022 р. не визначалися.

Моніторинг якості води масивів поверхневих вод, що використовуються для питних та господарсько-побутових потреб населення, здійснювався на 67 пунктах моніторингу, що становить 71 % від кількості пунктів, передбачених Програмою (95 пунктів) – табл. 6.

Таблиця 6. Дані про кількість пунктів моніторингу поверхневих вод у місцях водозаборів для питних та господарсько-побутових потреб населення на території України, на яких відібрано проби Держводагентством України в липні 2022 р. (джерело: табл. укладена авторами за [1])

Назва району річкового басейну	Кількість пунктів моніторингу вод у місцях водозаборів згідно з програмою державного моніторингу	Кількість пунктів моніторингу вод у місцях водозаборів, на яких фактично відібрані проби в липні 2022 р., од. (%)
Район басейну річки Дніпро	40	28 (70 %)
Район басейну річки Дністер	19	19 (100 %)
Район басейну річки Дунай	11	11 (100 %)
Район басейну річки Південний Буг	15	9 (60 %)
Район басейну річки Дон	6	1 (16 %)
Район басейну річки Вісла	1	1 (100 %)
Район басейну річок Криму	*_	—
Район басейну річок Причорномор'я	** 0	0
Район басейну річок Приазов'я	3	0 (0 %)
Всього	95	67 (71 %)

Примітка. * - для району басейну річок Криму, анексованого Російською Федерацією в 2014 р., пункти моніторингу вод в місцях водозаборів Програмою [5] на 2022 р. не визначалися; ** - в районі басейну річок Причорномор'я пунктів моніторингу вод у місцях водозаборів згідно з Програмою [5] немає.

У складі Держводагентства України в протязі 2020-2021 рр. було організовано чотири базові регіональні лабораторії моніторингу вод (ЛМВ), які відповідають ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

міжнародному рівню: ЛМВ Західного регіону (м. Івано-Франківськ); ЛМВ Північного регіону (м. Вишгород Київської обл.); ЛМВ Південного регіону (м. Одеса); ЛМВ Східного регіону (м. Слов'янськ Донецької обл.). Через воєнні дії з весни 2022 р. призупинила роботу ЛМВ Східного регіону; були перебої в роботі ЛМВ Північного регіону.

Держводагентство вжило необхідних заходів з оптимізації здійснення моніторингу вод, зокрема весною 2022 р. було перенаправлено проби води для визначення пріоритетних та басейнових специфічних показників з лабораторії моніторингу вод Східного регіону до лабораторії моніторингу вод Західного регіону, яка на сьогоднішній день технічно укомплектована для вимірювання відповідних показників.

В серпні 2022 р. Держводагентством розпочато підготовку пропозицій до програми моніторингу поверхневих вод на 2023 р. [2], зокрема: про можливість включення додаткових показників забруднювальних речовин – нафтопродуктів, хімічних речовин, що містяться у складі боєприпасів, ракет (за можливості їхньої ідентифікації); про оновлення переліку пунктів моніторингу за результатами оцінки хімічного стану масивів поверхневих вод; про включення додаткових пунктів моніторингу вод на деокупованих територіях для виявлення впливу військових дій на якість води. Пропозиції будуть узгоджені між суб'єктами моніторингу для подальшого затвердження Міндовкілля України.

Висновки

1) *Стосовно території 9 районів річкових басейнів України.* В результаті вторгнення Росії в Україну, станом на 1 серпня 2022 р. на території, яка тимчасово контролювалася російськими військами:

- а) повністю знаходилися 2 райони басейнів річок - Криму (з 2014 р.) та Приазов'я;
- б) частково перебували 4 райони басейнів річок: бл. 69 % території району басейну р. Дон, 22 % - району басейну річок Причорномор'я, 6% - району басейну р. Дніпро.

2) *Стосовно водних об'єктів України.* На тимчасово захопленій російськими військами території влітку 2022 р.:

- а) повністю знаходилися 2 великі канали: Північно-Кримський та Каховський магістральний;
- б) частково перебував 1 канал - 40% протяжності каналу Сіверський Донець-Донбас;
- в) значна частина річки Сіверський Донець (район Донбасу);
- г) нижня частина Каховського водосховища (разом з Каховською ГЕС).

3) *Моніторинг поверхневих вод на території України* відповідно до програми державного моніторингу вод, затвердженої наказом Міндовкілля України на 2022 р., здійснює Держводагентство з урахуванням воєнного стану.

4). З початку воєнної агресії Росії в системі Держводагентства України припинила роботу одна з 4-х базових регіональних лабораторій моніторингу вод (Східного регіону). Проби води з цього регіону перенаправлено до лабораторії моніторингу вод Західного регіону.

5). З урахуванням оперативної військової ситуації в липні 2022 р. підрозділами Держводагентства проби води було відібрано в 398 пунктах моніторингу, що становило 68 % від кількості пунктів, передбачених програмою державного моніторингу вод.

6) Моніторинг якості води масивів поверхневих вод, які використовуються для питних та господарсько-побутових потреб населення, здійснювався на 67 пунктах моніторингу, що становить 71 % від кількості пунктів на водозаборах, передбачених програмою державного моніторингу вод.

7) В серпні 2022 р. Держводагентством України розпочато підготовку пропозицій до програми моніторингу поверхневих вод на 2023 р., зокрема: про можливість включення додаткових показників забруднювальних речовин – нафтопродуктів, хімічних речовин, що містяться у складі боєприпасів, ракет; про оновлення переліку пунктів моніторингу за результатами оцінювання хімічного стану масивів поверхневих вод; про включення додаткових пунктів моніторингу вод на деокупованих територіях для виявлення впливу військових дій на якість води

Список літератури

1. Аналітичний огляд стану водних ресурсів у липні 2022 року. Держводагентство України. Офіційний сайт. 19.08.2022 р. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/analitichnij-oglyad-stanu-vodnih-resursiv-u-lipni-2022-roku>

2. Держводагентство провело нараду щодо виконання Програми моніторингу масивів поверхневих вод в умовах воєнного стану. Держводагентство України. Офіційний сайт. 17.08.2022
ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)**

p. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/derzhvodagentstvo-provelo-naradu-tshodo-vikonannya-programi-monitoringu-masiviv-poverhnevih-vod-v-umovah-voyennogo-stanu>

3. *Зеленський В.*, Президент України. Російські загарбники контролюють близько 20% української території. Укрінформ, 2022. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3498131-rosijski-zagarniki-kontroluut-blizko-20-ukrainskoi-teritorii-zelenskij.html>

4. *Іванюта С.П.* Пріоритети збереження та забезпечення надійного функціонування системи водопостачання Донбасу. Аналітична записка. Національний ін-т стратег. досліджень. Серія: Національна безпека. 2019. № 4. С. 1-9.

5. Програма державного моніторингу вод (у частині діагностичного та операційного моніторингу поверхневих вод) на 2022 рік. Затверджена наказом Міндовкілля України від 05.01.2022 № 1. URL: <https://mepr.gov.ua/documents/3655.html>

6. Стан басейну Сіверського Дінця та фактори впливу в умовах військових дій. Технічний звіт. Координатор проектів ОБСЄ в Україні. 2018. 86 с. URL: <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/419462>

7. *Хільчевський В.К.* Водні конфлікти у світі і в Україні: Донбас. Мат-ли міжнарод. наук.-практ. онлайн-конференції: Підземні води як стратегічний ресурс економічного розвитку держави, присвяченої Всесвітньому. дню водних ресурсів. Київ, ІВПіМ НААНУ, 2022. С. 14-15. URL: <http://mivg.iwpim.com.ua/files/tezy2022.pdf>

8. *Хільчевський В.К.* Водні та збройні конфлікти – класифікаційні ознаки: у світі та в Україні // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2022. № 1(63). С. 6-19. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>

9. *Хільчевський В.К.* Гідрохімічний словник. К. ДІА, 2022. 208 с.

10. *Хільчевський В.К.* Глобальні водні ресурси: виклики XXI століття // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2020. 1/2 (76/77). С. 6-16.

11. *Хільчевський В.К.* Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1(59). С. 17-27.

12. *Хільчевський В.К.* Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1(59). С. 6-16.

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

14. *Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Манукало В.О.* Гідрологічний словник. К. ДІА, 2022. 236 с.

15. *Яковлев Є.О., Єрмаков В.М., Улицький О.А.* Екологічні наслідки затоплення камери атомного вибуху шахти "Юнком" (Центральний Донбас) // Мінеральні ресурси України. 2019. № 1. С. 38-44.

16. *Gleick P.* Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security // International Security. 1993. 18(1). P. 79-112.

17. *Gleick P.* Water, Drought, Climate Change, and Conflict in Syria. Weather // Climate, and Society. 2014. 6(3). P. 331-340.

18. *Hook K. & Marcantonio R.* Environmental dimensions of conflict and paralyzed responses: the ongoing case of Ukraine and future implications for urban warfare // Small Wars & Insurgencies, 2022. DOI: [10.1080/09592318.2022.2035098](https://doi.org/10.1080/09592318.2022.2035098)

19. Institute for the Study of War (USA). Interactive Map: Russia's Invasion of Ukraine. August, 01. 2022. URL: <https://storymaps.arcgis.com/stories/36a7f6a6f5a9448496de641cf64bd375>

20. *Khilchevskiy V.K.* Water resources of Ukraine: assessment based on the UN FAO AQUASTAT database. Proceedings 15th International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2005>

21. *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. 2022. P. 240-250. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_101

22. *Khilchevskiy V.K., Mezentssev K.V.* Water conflicts and Ukraine: Donbas region. Proceedings 15th International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2004>

23. Pacific Institute. Water Conflict Chronology. Pacific Institute, Oakland, USA. URL: <https://www.worldwater.org/water-conflict/>

24. *Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., & Barcelo D.* Russian-Ukrainian War Impacts the Total Environment // Science of the Total Environment. 2022, 837, 155865.

25.. The Guardian. Ukraine's 'hero river' helped save Kyiv. But what now for its newly restored wetlands? 11 May 2022. <https://www.theguardian.com/environment/2022/may/11/ukraine-hero-irpin-river-helped-save-kyiv-but-what-now-for-its-newly-restored-wetlands-aoe>

26. Yakovliev Y. & Chumachenko S. Ecological Threats in Donbas, Ukraine. Assessment of ecological hazards in Donbas impacted by the armed conflict in eastern Ukraine. Centre for Humanitarian Dialogue, 2017. 60 p.

References

1. Analitichnyi ohliad stanu vodnykh resursiv u lypni 2022 roku [Analytical review of the state of water resources in July 2022]. Derzhvodahentstvo Ukrainy. Ofitsiyni sait. 19.08.2022 r. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/analitichnij-oglyad-stanu-vodnih-resursiv-u-lipni-2022-roku>

2. Derzhvodahentstvo provelo naradu shchodo vykonannya Prohramy monitorynhu masyviv poverkhnevyykh vod v umovakh voiennoho stanu [The State Water Agency held a meeting regarding the implementation of the Program for Monitoring Surface Water Masses under Martial Law]. Derzhvodahentstvo Ukrainy. Ofitsiyni sait. 17.08.2022 r. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/derzhvodahentstvo-provelo-naradu-tshodo-vikonannya-programi-monitoringu-masviv-poverhnevyykh-vod-v-umovakh-voennogo-stanu>

3. Zelenskyi V., Prezydent Ukrainy. Rosiiski zaharbniky kontroliuiut blyzko 20% ukrainskoi terytorii. Ukrinform [Russian invaders control about 20% of Ukrainian territory], 2022. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3498131-rosiyski-zagarniki-kontroluut-blizko-20-ukrainskoi-teritorii-zelenskij.html>

4. Ivaniuta S.P. Priorytety zberezhennia ta zabezpechennia nadiinoho funktsionuvannia systemy vodopostachannia Donbasu [Priorities of preserving and ensuring the reliable functioning of the Donbas water supply system]. Analitichna zapyska. Natsionalnyi in-t strateh. doslidzhen. Seria: Natsionalna bezpeka. 2019. № 4. S. 1-9.

5. Prohrama derzhavnogo monitorynhu vod (u chastyni diahnostychnoho ta operatsiinoho monitorynhu poverkhnevyykh vod) na 2022 rik [State water monitoring program (in terms of diagnostic and operational monitoring of surface waters) for 2022]. Zatverdzhena nakazom Mindovkillia Ukrainy vid 05.01.2022 № 1. URL: <https://mepr.gov.ua/documents/3655.html>

6. Stan baseinu Siverskoho Dintsia ta faktory vplyvu v umovakh viiskovykh dii [The state of the Siverskyi Dnests basin and influencing factors in the conditions of military operations]. Tekhnichniy zvit. Koordynator proektiv OBSle v Ukraini. 2018. 86 s. URL: <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/419462>

7. Khilchevskyi V.K. Vodni konflikty u sviti i v Ukraini: Donbas [Water conflicts in the world and in Ukraine: Donbas]. Mat-ly mizhnarod. nauk.-prakt. onlain-konferentsii: Pidzemni vody yak stratehichniy resurs ekonomichnoho rozvytku derzhavy, prysviachenoï Vsesvitnomu. dniu vodnykh resursiv. Kyiv: IVPiM NAANU, 2022. S. 14-15. URL: <http://mivg.iwpim.com.ua/files/tezy2022.pdf>

8. Khilchevskyi V.K. Vodni ta zbroini konflikty – klasyfikatsiini oznaky: u sviti ta v Ukraini [Water and armed conflicts - classification features: in the world and in Ukraine] // Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekologii, 2022. № 1(63). C. 6-19. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>

9. Khilchevskyi V.K. Hidrokhimichniy slovnyk [Hydrochemical dictionary]. Kyiv. DIA, 2022. 208 s.

10. Khilchevskyi V.K. Hlobalni vodni resursy: vyklyky 21i stolittia [Global water resources: challenges of the 21st century] // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heohrafiia. 2020. 1/2 (76/77). S. 6-16.

11. Khilchevskyi V.K. Suchasna kharakterystyka poverkhnevyykh vodnykh obektiv Ukrainy: vodotoky ta vodoimy [Modern characteristics of surface water bodies of Ukraine: watercourses and reservoirs] // Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekologii. 2021. № 1(59). S. 17-27.

12. Khilchevskyi V.K. Kharakterystyka vodnykh resursiv Ukrainy na osnovi bazy danykh hlobalnoi informatsiinoi systemy FAO Aquastat [Characteristics of water resources of Ukraine based on the database of the global information system FAO Aquastat] // Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekologii. 2021. № 1(59). S. 6-16.

13. Khilchevskyi V.K., Hrebin V.V. Hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannia terytorii Ukrainy, zatverdzhene u 2016 r. – realizatsiia polozhen VRD YeS [Hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine, approved in 2016 - implementation of the provisions of the EU WFD] // Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekologii. 2017. №1(44). S. 8-20.

14. Khilchevskyi V.K., Hrebin V.V., Manukalo V.O. Hidrolohičniy slovnyk [Hydrological dictionary]. Kyiv. DIA, 2022. 236 s.

15. Yakovliev Ye.O., Yermakov V.M., Ulytskyi O.A. Ekolohichni naslidky zatoplennia kamery atomnoho vybukhu shakhty "Iunkom" (Tsentralnyi Donbas) [Environmental consequences of the flooding of the nuclear explosion chamber of the Yunkom mine (Central Donbas)] // Mineralni resursy Ukrainy. 2019. № 1. S. 38-44.

16. Gleick P. Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security // International Security. 1993. 18(1). P. 79-112.
17. Gleick P. Water, Drought, Climate Change, and Conflict in Syria. Weather // Climate, and Society. 2014. 6(3). P. 331-340.
18. Hook K. & Marcantonio R. Environmental dimensions of conflict and paralyzed responses: the ongoing case of Ukraine and future implications for urban warfare // Small Wars & Insurgencies, 2022. DOI: 10.1080/09592318.2022.2035098
19. Institute for the Study of War (USA). Interactive Map: Russia's Invasion of Ukraine. August, 01. 2022. URL: <https://storymaps.arcgis.com/stories/36a7f6a6f5a9448496de641cf64bd375>
20. Khilchevskiy V.K. Water resources of Ukraine: assessment based on the FAO AQUASTAT database. Proceedings 15th International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2005>
21. 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. 2022. P. 240-250. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_101
22. Khilchevskiy V.K., Mezentshev K.V. Water conflicts and Ukraine: Donbas region. Proceedings 15th International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers. 2021. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2004>
23. Pacific Institute. Water Conflict Chronology. Pacific Institute, Oakland, USA. URL: <https://www.worldwater.org/water-conflict/>
24. Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., & Barcelo D. Russian-Ukrainian War Impacts the Total Environment // Science of the Total Environment. 2022, 837, 155865.
25. The Guardian. Ukraine's 'hero river' helped save Kyiv. But what now for its newly restored wetlands? 11 May 2022. <https://www.theguardian.com/environment/2022/may/11/ukraine-hero-irpin-river-helped-save-kyiv-but-what-now-for-its-newly-restored-wetlands-aoe>
26. Yakovliev Y. & Chumachenko S. Ecological Threats in Donbas, Ukraine. Assessment of ecological hazards in Donbas impacted by the armed conflict in eastern Ukraine. Centre for Humanitarian Dialogue, 2017. 60 p.

Some aspects regarding the state of the territory of the river basins districts and water monitoring during Russia's invasion of Ukraine (2022)

Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.

Characterizing the military aggression launched by the Russian Federation against Ukraine on February 24, 2022, the President of Ukraine Volodymyr Zelenskyi noted on June 2, 2022 that as of today, Russian troops control about 20% of the territory of Ukraine, that is 125 thousand km². The purpose of this article is to assess the state of the territories of some of the river basins districts of Ukraine in relation to their coming under the control of Russian troops in the summer of 2022, as well as the possibility of conducting monitoring in accordance with the state water monitoring program approved by the order of the Ministry of Environment of Ukraine for 2022. As a result of Russia's invasion of Ukraine, as of August 1, 2022, in the territory controlled by Russian troops: a) 2 of the river basins districts - Crimea (since 2014) and Azov coast - were completely located; b) 4 areas of river basins districts were partially occupied: approx. 69% of the territory of the Don river basin district, 22% - of the Black Sea river basin district, 6% - of the Dnipro river basin district. Of the large water bodies in the territory captured by the Russian troops in the summer of 2022: a) 2 large canals were completely located: the North Crimean and Kakhovsky main canals; b) 1 canal was partially occupied - 40% of the length of the Siverskyi Donets-Donbas canal; c) a large part of the Siverskyi Donets River (Donbas region); d) the lower part of the Kakhovka reservoir (together with the Kakhovka HPP).

Since the beginning of Russia's military aggression in the State Water Agency of Ukraine, 1 of the 4 basic regional water monitoring laboratories (of the Eastern region) have stopped working. Water samples from these region were forwarded to the water monitoring laboratory of the Western region. Taking into account the operational military situation, in July 2022, units of the State Water Agency took water samples at 398 monitoring points, which was 68% of the number of points provided for by the state water monitoring program.

In August 2022, the State Water Agency of Ukraine started preparing proposals for the surface water monitoring program for 2023, in particular: about the possibility of including additional indicators of pollutants - petroleum products, chemicals contained in ammunition, missiles; on updating the list of monitoring points based on the results of the assessment of the chemical state of surface water bodies; on the inclusion of additional water monitoring points in the de-occupied territories to detect the impact of military operations on water quality.

Keywords: Russia's invasion of Ukraine, water conflicts, river basin area, water monitoring, Ukraine.

Надійшла до редколегії 24.08.2022

Іванов Є. А., Блажко Н. Б., Пилипович О. В.
Львівський національний університет імені Івана Франка

БОЛОТА МАЛОГО ПОЛІССЯ ТА ЇХНЄ ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Розглянуто історію дослідження боліт і перезволожених земель в Галичині та у Львівській області. Досліджено особливості поширення боліт в межах рівнинної частини Львівської області і Малому Поліссі. Малополіські болота займають 59,6 % від усієї площі боліт рівнинної частини Львівської області. У регіоні домінують низовинні болота із переважанням трав'яних угруповань, рідше трапляються трав'яно-мохові, чагарникові і лісові угруповання. В межах Малого Полісся обліковано 57 родовищ торфу загальною площею 27,76 тис. га. На основі топографічних карт проаналізовано тенденції зміни площ боліт і перезволожених земель у межах Західного Бугу і Рати за останні 240 років. Розглянуто актуальні питання геоecологічного значення боліт досліджуваного регіону, зокрема вони виступають гідрологічними та кліматичними регуляторами, осередками депонування парникових газів, ареалами поширення цінних і рідкісних видів рослин тощо.

Ключові слова: болото, перезволожені землі, торф, торфовище, Мале Полісся.

Вступ. Болотом вважають надлишково зволожену ділянку суходолу з характерною болотною рослинністю, із залишків якої за відповідних умов утворився шар торфу потужністю понад 0,3 м у неосушеному і 0,2 м в осушеному станах. До заболочених і перезволожених земель слід відносити надлишково-зволожені ділянки, яким властиві незначна потужність торфу (до 0,3 м) або ознаки оторфованості у ґрунтовому профілі. За умовами живлення, рослинністю та типами торфових відкладів болота поділяють на низинні (евтрофні), перехідні (мезотрофні) та верхові (оліготрофні) [21].

В межах Львівської області найбільше боліт і заболочених земель зосереджено у Малому Поліссі, зокрема у долинах дрібних водотоків із сповільненою течією, дещо менше – на заплавах головних річок: Західного Бугу і Стиру. Особливо заболоченою є східна частина Малого Полісся. Заплавні болота практично усі низинні із переважанням осокових та осоково-мохових угруповань. Рідше у регіоні зустрічають злаково-осокові, злаково-осоково-мохові, різнотравні, пухівково-осокові та осоково-тростинові болота. В межах малополіських ландшафтів відомі й рідкісні види болотних угруповань [18].

Охорона водно-болотних і торфових природних систем важлива для вирішення екологічних проблем, що пов'язані із глобальними змінами клімату та збереженням біорізноманіття, відіграють вагоме значення для забезпечення екологічної безпеки, сталого розвитку та раціонального природокористування в Україні. Болота виступають важливими гідрологічними та кліматичними регуляторами, осередками депонування парникових газів через акумуляцію вуглецю, ареалами поширення цінних і рідкісних видів рослин тощо. Реалізація масштабних осушувальних заходів, головню наприкінці ХХ ст., та нераціональне розроблення покладів торфу, вже сьогодні поставило пріоритетним питання використання торфовищ та охорони боліт і перезволожених земель.

Аналіз попередніх досліджень. Найдавніші відомості щодо заболочених земель знаходимо у перших поземельних кадастрах Галичини: Йосифинській і Францисканській метриках. Окремої категорії земельних угідь, що облікувала болота або перезволожені землі у метриках не виділи, а віднесли до категорії луки. Узагальнені дані на основі цих метрик знаходимо у пізнішій роботі А. Корнелля (1901).

Перші ґрунтовні дослідження боліт і перезволожених земель у Львівській області пов'язані із потребою використання торфу у господарстві, регулювання режиму річок і розширення сільськогосподарських угідь. У 1904 р. професор М. Поморський заснував Дублянську болотну станцію, яка спрямована на дослідження сільськогосподарського використання осушених торфовищ. Повні відомості щодо типів Верхньодністровських боліт і методів їхнього осушення наведені у працях Б. Блоцького (1881) та А. Корнелля (1898, 1903).

Потреба у розробленні покладів місцевого палива на початку ХХ ст. прискорила збір інформації в окремих воєводствах Польщі, у т. ч. в Галичині. Для її активізації за державні

кошти проводили аналізи зразків торфу, що доставляли із різних регіонів. Узагальнення зібраної інформації викладено у виданій Енергетичним комітетом роботі А. Корнелля (1931).

Найвідомішим місцем добування торфу було Дублянське торфовище біля Львова. Під керівництвом Академії рільничої торф добували, розпочинаючи з 1887 р. Найбільші обсяги аналізів проводила Дублянська лабораторія Академії рільничої, яка проводила безкоштовні аналізи зразків торфу. Чимало аналізів торфу виконували у Львівському політехнічному інституті.

Наведені у роботі А. Корнелля дані дали загальні уявлення про перезволожені землі та шляхи їхнього використання. Автором зроблено висновок, що в межах Малого Полісся переважають болота низинного типу, що містять торф середньої якості. Для з'ясування площі поширення торфів та їхніх запасів А. Корнелль використав найповніші на той час матеріали Крайового меліоративного бюро, топографічні і геологічні карти, геологічні звіти, схеми земельного кадастру тощо. Загальна площа боліт, підрахована автором, сягала 200 тис. га (табл. 1).

Таблиця 1. Поширення та площі торфовищ в Галичині на початку XX ст. [15]

№ з/п	Торфовище	Площа, га
1.	Заплави допливів Стира (Стоянівський район)	20 000
2.	Заплави допливів Західного Бугу	40 000
3.	Заплави Полтви, Гологорки, Боберки і Білого Стоку	26 600
4.	Заплави Стрипи та її допливів	20 000
5.	Заплави Верхнього Дністра та її допливів	58 500
6.	Болота Кіскі, Рудницьке та Ременське	6 000
7.	Район Кременця, Ради та Ушвиці	23 000
8.	Болота Ланцутсько-Ярославські	4 000
	Разом	198 100

Першим ґрунтовним дослідженням, у якому узагальнено інформацію про болота Львівської області, стала праця “Геологія і корисні копалини західних областей УРСР” (1941). Інститут “Держторфрозвідка” у 1956 р. розпочав значні торфознахідкові роботи у регіоні. Іншою фундаментальною працею стала монографія “Торфяной фонд Украинской ССР” (1959). У ній проведено інвентаризацію всіх торфовищ і заболочених земель в Україні. У Львівській області обліковано 80 перезволених ландшафтних систем.

Дослідженням боліт Малого Полісся займалися чимало учених, серед них Є. Брадїс (1954), І. Григора (1956), О. Артюшенко (1957), Г. Бачурина (1964), А. Барбарич (1966), Т. Андрієнко (1971), Ю. Шеляг-Сосонко (1983), П. Климович (2000) та ін. Подільські й опільські болота Львівщини досліджували головню вчені-ботаніки: М. Боч, М. Рубцов (1962), Г. Козій (1962), Є. Брадїс, М. Рубцов (1966). Серед учених, які вивчали передкарпатські ПЛС відзначимо Г. Бачурина, Є. Брадїса (1959), Л. Кучеряву (1963), Ю. Шеляг-Сосонко (1963).

Метою дослідження є аналіз просторово-часової динаміки боліт Малого Полісся як важливого об'єкту водорегулювання, біозбереження та емісії вуглекислого газу.

Поширення боліт у Львівській області і Малому Поліссі. В межах Львівської області розвиток і поширення боліт пов'язане з річками з широкими, слабоврізаними долинами і повільною течією. Поширенню болотоутворюючих процесів також сприяють кліматичні умови із значною кількістю опадів.

У межах рівнинної частини Львівської області болота і заболочені землі займають площу 1 824,4 км², що становить 10,22 % від площі рівнинної частини області. Поширені вони у регіоні нерівномірно. Найбільші площі займають так звані малополіські болота – 266,49 км², або 47,98 % від усіх боліт Львівщини. Також значні площі займають болотні місцевості Малого Полісся з болотними і торфово-болотними (669,84 км²) та лучно-болотними ґрунтами (151,28 км²), або 68 % і 53 % від відповідних ґрунтів в межах Львівської області. Власне болота Малого Полісся виступають об'єктом нашого геоекологічного дослідження.

Загалом, малополіські болота і заболочені землі займають 59,6 % від усієї площі боліт рівнинної частини Львівської області (рис. 1). Їхнє розташування пов'язане головним чином із заболоченням долин допливів Західного Бугу і Стиру. Найбільше боліт розташовано у долині р. Солокія (площа болота у 1969 р. перевищувала 4,0 тис. га, а нині – 3,8 тис. га) і Дублянські болота (у 1969 р їх площа становила понад 2,0 тис. га). По декілька сотень гектарів мали болота Гряда, болота у долині річок Болотня, Рата і Марунька. Глибина залягання торфу цих боліт значна, місцями сягає 4–6 м, а середнє значення становить 2–3 м. Зольність торфу не перевищує 25 %. Тип боліт виключно низинний, лише болото Печенія і ще декілька невеликих котловинних боліт, які розкидано серед соснового лісу біля с. Пристань Великомоствівської ОТГ, відносять до перехідних боліт [18].

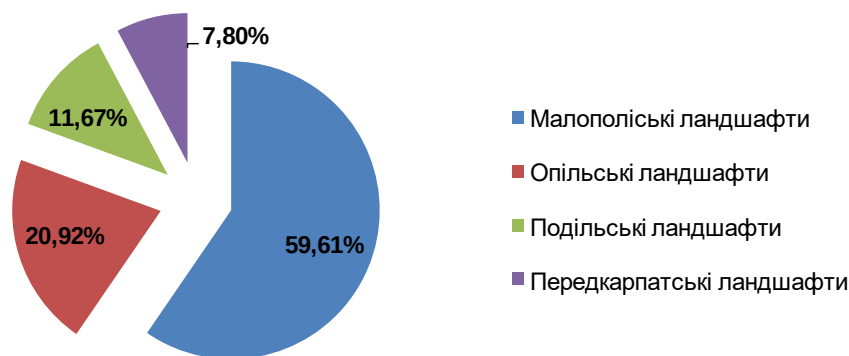


Рис. 1. Розподіл боліт і заболочених земель в межах рівнинної частини Львівської області за природно-географічними районами [3]

Загалом, болота і перезволожені землі багаті на поклади торфу. Торфовими родовищами прийнято вважати заторфовані ділянки боліт із загальною площею понад 1,0 га і глибиною покладу торфу понад 0,7 м. Станом на 1.01.2007 р. в межах Малого Полісся обліковано 57 родовищ торфу. В межах промислової глибини їхня площа становить 27,76 тис. га, а балансові геологічні запаси торфу – 83 339 тис. т [8, 9]. Найбільшими за площею і запасами торфовищами у регіоні є Стоянівське, Солокійське, Лешнівське, Львівське, Смільненське і Радехівське (табл. 2).

Щодо зольності торфів у регіоні, то найпоширеніші поклади торфу із зольністю близько 50 %, значно менша кількість покладів торфу із зольністю понад 70 % і до 20 %. Ділянки торфових покладів із зольністю понад 25 % використовують для видобування торфу на добриво. Природна вологість торфів становить біля 70 %. Теплотворна здатність торфів, яка пов'язана зі ступенем розкладання за різної зольності, становить для погано розкладеного торфу 4 800 кал, для середньо розкладеного – 5 300 кал і для добре розкладеного – 5 800 кал [15].

Рослинний покрив боліт Малого Полісся. У долинах річок Малого Полісся зосереджувалися значні водні маси, яка стікала з-під талого льодовика. Поступово рух води сповільнювався, вона застоювалася, а долини заростали очеретом та іншими вологолюбними рослинами. Утворилися низинні (евтрофні) болота, які характеризує багате мінеральне живлення. Це підтверджує сучасний рослинний покрив і характер торфових покладів.

У рослинному покриві боліт Малого Полісся переважають трав'яні угруповання, рідше трапляються трав'яно-мохові, чагарникові і лісові.

Серед трав'яних угруповань переважають осокові угруповання. Найчастіше ці угруповання характеризуються наявністю купинних осок – дернистої (*Carex caespitosa*), омської (*Carex omskiana*), зближеної (*Carex diandra*). Осокові купини бувають досить великі, іноді вони сягають висоти 30–50 см і ширини 30–50 см. Моховий покрив на цих болотах розвивається слабо, часто між купинами довго стоїть вода. У травостої є також куничник наземний (*Calamagrostis epigeios*) і несправжньоочеретяний (*Calamagrostis pseudophragmites*), півники злаколисті (*Iris graminea*) й угорські (*Iris hungarica*), плакун прутівидний (*Lythrum virgatum*), верболистий (*Lythrum salicaria*), вербозілля звичайне

(*Lysimachia vulgaris*) і лучне (*Lysimachia nummularia*), м'ята польова (*Menta arvensis*) і водяна (*Menta aquatica*) та інші болотні рослини. Рідше трапляються очеретяні, рогузові та інші високотравні угруповання. Займають вони порівняно незначні площі та розвиваються у місцях значного зволоження, ростуть вони також на згарищах та при заростанні торфових кар'єрів.

Таблиця 2. Найбільші (понад 500 га) малополіські болота (торфовища) Львівської області та їхні головні характеристики [8, 9]

№ з/п	Назва	Площа, га	Глибина, м		Зольність A ^c , %	Ступінь розкладу R, %	Природна вологість W, %	Активна кислотність, рН	Вміст СаО, %
			макс.	серед.					
1.	Спасівське	1 268	8,9	3,4	28	30	83	7,3	3,95
2.	Солокійське	3 881	4,5	1,54	21,5	42	82,2	6,0	4,77
3.	Болотнівське	800	3,25	1,76	13,6	23	—	5,5	1,87
4.	Розжалівське	518	4,6	1,83	30,6	35	83,4	7,4	14,4
5.	Стоянівське	4 138	11	4,37	14,7	23	89,5	—	—
6.	Білостоківське	971	3,8	1,71	21,4	37	83,9	7,1	7,53
7.	Радехівське	1 646	6,8	2,73	19,9	36	85,6	6,47	11,8
8.	Заднівське	688	5,7	2,21	21,4	40	85,8	7,41	20
9.	Оглядівське	700	—	2,4	26	35	—	—	—
10.	Лопатин-Острівське	774	6	3,2	20,4	38	85,9	6,98	10,71
11.	Полоничка	1 566	5,8	2,36	11,8	43	86,3	6,4	10
12.	Львівське (Гамаліївка-Грибовичі)	2 226	6,4	4,13	14,8	34	84,2	3,36	4,15
13.	Дідилівське	946	5,3	2,17	57,4	42	75,74	7,34	12,78
14.	Яричівське	609	3,2	1,15	23,6	35	82,04	6,26	6,56
15.	Чанижське	767	4,1	1,46	22,4	32	85,8	6,3	3,97
16.	Лешнівське	2 816	4,6	1,89	28,4	38	84,7	5,93	6,64
17.	Помірки	1 054	5	2,02	66	37	67,06	5,66	2,46
18.	Смільненське	2 036	7,2	2,32	23	38	85,2	6,11	8,38
19.	Дуб'є-Голосковицьке	543	7,6	2,9	30,1	32	86,9	7,4	30,9
20.	Олесько-Хватівське	660	6,1	2,88	21,3	41	84,5	—	—

Серед трав'яно-мохових угруповань рослин переважають осоково-мохові. Моховий покрив боліт створюють здебільшого зелені, так звані гіпнові мохи. Розвиваються в умовах застійного ґрунтового водно-мінерального живлення, де майже немає течії води. Панівними тут є кореневищні осоки, які не утворюють купин: багнова (*Carex limosa*), двотичинкова (*Carex diandra*), струннокореневищна (*Carex chordorrhiza*), пухнатопада (*Carex lasiocarpa*), рідше дводомна (*Carex dioica*). Травостій з осок зазвичай не густий. Окрім осок, у травостої є бобівник трилистий (*Menyanthes trifoliata*) та вовче тіло болотне (*Comarum palustre*). Із злаків тут ростуть мітлиця тонка (*Agrostis tenuis*) або собача (*Agrostis canina*), іноді костриця червона (*Festuca rubra*). Можуть зустрічатися невеликі, висотою до 1–3 м, деревця берези пухнатої (*Betula pubescens*) і вільхи чорної (*Alnus glutinosa*) та чагарники верби попелястої (*Salix cinerea*), розмаринолистої (*Salix rosmarinifolia*), тритичинкової (*Salix triandra*) і повзучої (*Salix repens*).

Участь злаків у трав'яному покриві осокових та осоково-мохових боліт зумовлена зменшенням рівня перезволоження. На заболочених площах болотного різнотрав'я буває менше, воно замінюється лучними рослинами, появляються й чагарники, іноді утворюючи густі зарості верби, берези і вільхи. Поширення на значних заболочених ділянках підтверджується присутністю злаків і лучного різнотрав'я у травостої, незначним розвитком осок, поширенням чагарникової і деревної рослинності. Про значне заболочення у минулому свідчать поклади очеретяного торфу, натомість у сучасному рослинному покриві вологолюбні очеретяні угруповання рідко трапляються.

Лісові і чагарникові болота в межах Малого Полісся мало поширені. Серед лісових

угруповань найчастіше трапляються вільшняки і березняки. Вільшняки розвиваються у притерасних зниженнях, де виклинюються ґрунтові води, а також на понижених ділянках межиріч. У деревному ярусі переважає вільха чорна (*Alnus glutinosa*), висотою до 20–22 м. У чагарниковому ярусі ростуть крушина ламка (*Frangula alnus*) і верба попеляста (*Salix cinerea*). У трав'яному покриві вільшняків зустрічаються різні види осоки і кропили. Березняки розвинуті в умовах живлення болота біднішими ґрунтовими водами. Вони трапляються на піщаних терасах та у межиріччях. Серед деревної рослинності переважає береза пухната (*Betula pubescens*), у чагарниковому ярусі росте верба розмаринолиста (*Salix rosmarinifolia*), попеляста (*Salix cinerea*) та ін. У травостої на цих ділянках можна побачити осоки дернисту (*Carex saepe-spitosa*), зближену (*Carex diandra*) та ін. Моховий покрив створюють сфагнові низинні або гіпнові мохи [2, 6].

Геоecологічне значення боліт. Болота і перезволожені землі відіграють важливу екологічну й природоохоронну роль. Болота важливі не лише для живих організмів: звірів, птахів, риб, комах, рослин, грибів і лишайників. Вони відіграють вирішальну роль для біоти, що проводить тільки частину власного життя на болотах. Людина використовує болотні рослини, що мають харчову і лікарську цінність. Загалом, важко переоцінити роль боліт у природному середовищі досліджуваного регіону. Спектр геоecологічних проблем Малого Полісся та питання оцінювання ступені антропогенної трансформації малополіських ландшафтів розглянуто у публікаціях [12–14].

Болота Малого Полісся важливі для підтримування рівня ґрунтових вод у сусідніх природних системах. Осушення заболочених земель негативно впливає на оточуючі лісові і лучні угруповання та призводить до їхньої деградації. Проблема осушення торфовищ також тісно пов'язана із зникненням малих і зниженням водності головних річок регіону. У регіоні проводили осушення боліт для видобування покладів торфу, а також формування малоефективних сільськогосподарських угідь.

Варто відзначити, що за останні 100–200 років відбулося різке зменшення площ в межах Малого Полісся під болотами і заболоченими територіями. Закономірності трансформації заболочених територій в межах Малого Полісся розглянемо на прикладі Яструбецької дельти, яка розміщена у долині Західного Бугу, у межиріччі річки з її доплатами – Ратою і Солокією [10, 11]. До будівництва головного каналізованого каналу тут було зосереджено 62,1–66,8 % водотоків району дослідження. Щонайбільше вдалося облікувати 285 рукавів Західного Бугу. Після цього кількість водотоків поступово зменшувалася і перед Другою світовою війною становила 211 водних об'єктів. На сьогодні кількість водотоків в Яструбецькій дельті суттєво скоротилася, аж до 62 водних об'єктів, більшість з яких є затоками і старицями. Швидке зменшення водотоків у дельті випереджає тенденції щодо їхнього загального скорочення і нині тут нараховують лише 25,1 % водних об'єктів району дослідження [11].

Важливими показниками трансформації природного середовища у районі дослідження вважаємо частку заболоченості території. Конттури боліт і перезволожених земель за останні 240 років неодноразово змінювалися (рис. 2). Відзначимо загальні тенденції до зменшення заболочених площ, однак процес їхнього скорочення у різні історичні періоди відбувався по-різному.

Більшість заболочених і перезволожених площ розміщено по долинах Західного Бугу і Солокії, а також їх дрібних і малодіяльних допливів. Аналіз різночасових топокарт вказує на регулярні зміни розміщення заболочених ділянок, особливо в межах Яструбецької дельти. До спорудження головного каналізованого русла Західного Бугу, спрямлення русел Рати і Солокії та осушувальних робіт на малих водотоках показник заболоченості залишався високим і коливався від 14,6 до 23,1 %. Чимало заболочених площ знаходилося у міждолинних лісових масивах. Після завершення комплексу руслоспрямлювальних та осушувальних робіт частка заболоченості впала до 7,8 % від загальної площі району дослідження. Скоріше за все, ця частка була б нижчою, але обчислення площ заболочених і перезволожених ділянок зроблено на основі радянських карт 1970–1980-х років, на які нанесено тогочасні зони вторинного затоплення і підтоплення, які утворені внаслідок інтенсивної експлуатації вугільних шахт і вуглезбагачувальної фабрики Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну [11].

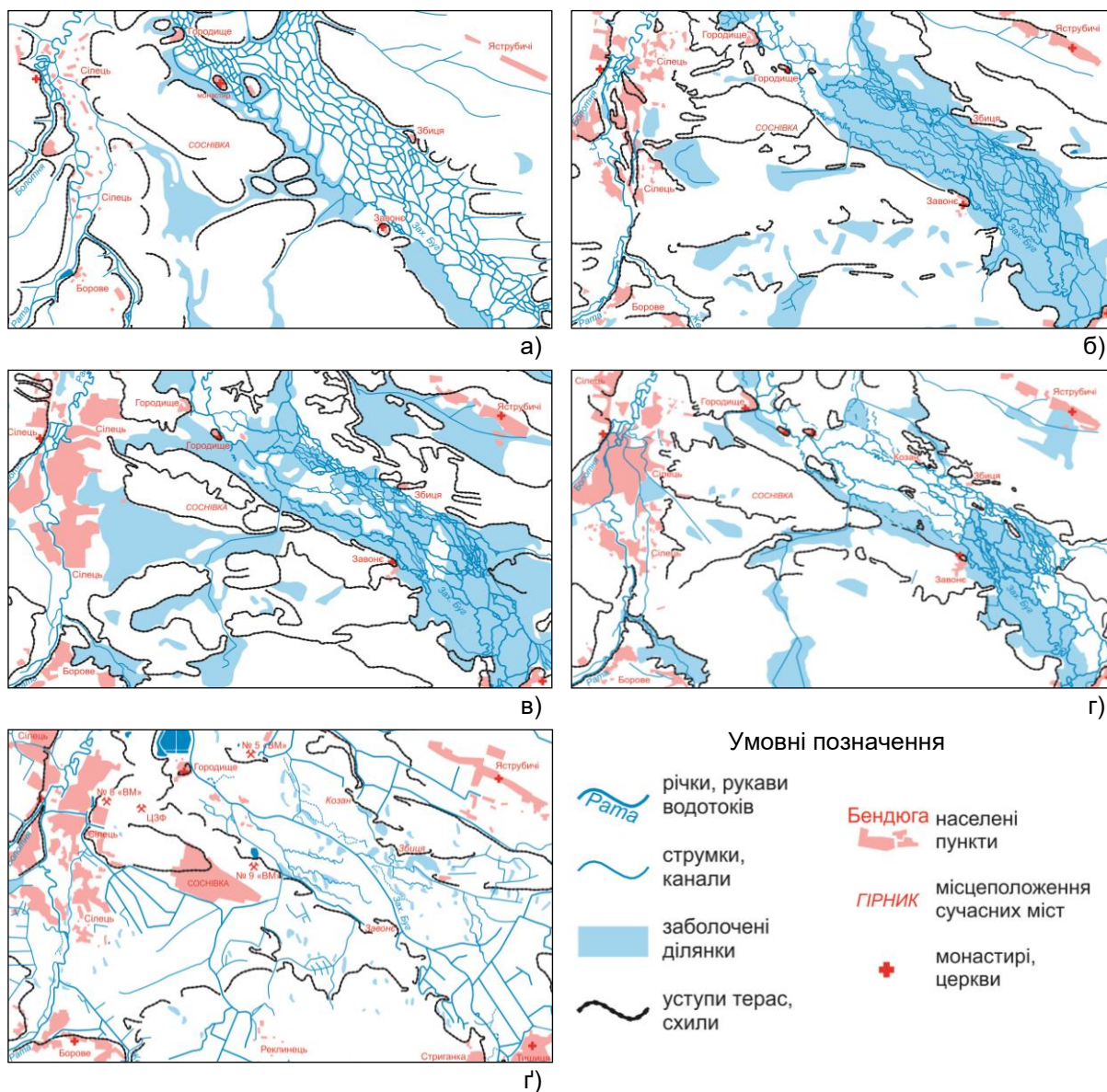


Рис. 2. Тенденції зміни площ боліт і перезволожених земель у межіріччі Західного Бугу і Рати за останні 240 років на основі аналізу топографічних карт:

- а) австрійських карт Першого топографічного знімання, Йосифинської метрики (1779–1783);
 б) австрійських карт Другого топографічного знімання, Францисканської метрики (1819–1820);
 в) австрійських карт Третього топографічного знімання (1869–1887);
 г) польських карт Військового географічного інституту (1929–1939);
 ґ) радянських карт Генерального штабу СРСР (1968–1989).

Ще у недалекому минулому торфовища виступали цінним промисловим ресурсом, як хімічна сировина, добриво для сільського господарства, паливо для побутових потреб, а також як лікувальний природний ресурс у медицині. Однак першочерговими функціями торфовищ є зберігання вологи та біологічного різноманіття, а головне – вуглекислого газу, адже їх визнають найефективнішими наземними екосистемами для зберігання вуглецю. Торфовища накопичують і зберігають атмосферний вуглець тисячі років [20].

При осушенні рівень води у торфовищах штучно знижується, і це запускає процес розкладання органічної частини торфу за участі кисню. Аеробний (з доступом повітря) розклад органічної частини торфу відбувається у 50 разів швидше, ніж в анаеробних умовах торфовищ. Внаслідок цього торфовища перестають бути сховищами вуглекислого газу та перетворюються на потужне джерело їхніх викидів у глобальному масштабі. Водночас, облаштування меліоративних каналів призводить до емісії метану та азоту. Згідно з даними досліджень європейських науковців на висушених болотах, які зараз

виконують функцію пасовищ щороку виділяється 29 т CO₂/га [20].

Інтенсивне видобування торфу припадало на 1960–1980-ті роки. Близько 60 % видобутого торфу використовують як добриво, субстрат для газонів, підстилку. У ці роки освоєно виробництво торфомінеральноаміачних добрив “Прогрес”, торфових біодобрив “Тонак”, торфопослідних добрив “Конкурент”, добрив “Росток”, ґрунту поживного, торфових горщиків для вирощування розсади та торфу фасованого для садоводів. Незначна кількість торфу слугує сировиною для хімічного перероблення в етиловий спирт, гумінові кислоти, фурфурол, віск, для вирощування кормових дріжджів.

Загалом, для торфового виробництва характерна висока енергоємність, важкі умови праці, висока пожежонебезпечність та залежність від гірничо-геологічних і погодних умов. Видобування покладів торфу у регіоні проводили головним чином підприємства Українського концерну торфової промисловості “Укрторф”, який з 2007 р. перестав практично існувати. Сучасне використання запасів торфу недостатньо економне, ефективне та екологічно обґрунтоване. Значні площі осушених торфових родовищ використовують для вирощування просапних культур, що приводить до значної втрати органічної маси від мінералізації та ерозії. Подальше розвиток торфвидобування в межах Малого Полісся для отримання енергетичного торфового палива вважаємо неефективним і нераціональним.

Висновки. На основі проведеного геоекологічного дослідження боліт Малого Полісся зроблено такі головні висновки:

1) Розглянуто історію дослідження боліт і перезвожених земель в Галичині та у Львівській області та виявлено осередки розроблення торфу у досліджуваному регіоні;

2) Досліджено особливості поширення боліт в межах рівнинної частини Львівської області і Малому Поліссі. Малополіські болота займають 59,6 % від усієї площі боліт рівнинної частини Львівської області. Їхнє розташування пов’язане із заболоченням долин допливів Західного Бугу і Стиру. У регіоні домінують низовинні болота із переважанням трав’яних угруповань, рідше трапляються трав’яно-мохові, чагарникові і лісові угруповання;

3) В межах Малого Полісся обліковано 57 родовищ торфу. В межах промислової глибини їхня площа становить 27,76 тис. га, а балансові геологічні запаси торфу – 83 339 тис. т. Найбільшими за площею і запасами торфовищами є Стоянівське, Солокійське, Лешнівське, Львівське, Смільненське і Радехівське;

4) На основі топографічних карт проаналізовано тенденції зміни площ боліт і перезвожених земель у межиріччі Західного Бугу і Рати за останні 240 років. Відзначимо загальні тенденції до зменшення заболочених площ, однак процес їхнього скорочення у різні історичні періоди відбувався по-різному. До спорудження головного каналізованого русла Західного Бугу, спрямлення русел Рати і Солокії та осушувальних робіт на малих водотоках показник заболоченості залишався високим і коливався від 14,6 до 23,1 %. Після завершення руслоспрямлювальних та осушувальних робіт частка заболоченості впала до 7,8 % від загальної площі району дослідження;

5) Обговорено актуальні питання геоекологічного значення боліт досліджуваного регіону, зокрема вони виступають гідрологічними та кліматичними регуляторами, осередками депонування парникових газів, ареалами поширення цінних і рідкісних видів рослин тощо.

Список літератури

1. Андрієнко Т. Л. Антропогенні зміни рослинного покриву боліт Передкарпаття. Український ботанічний журнал. 1979. Т. 36. № 5. С. 104–106.
2. Бачурина Г. Ф. Торфові болота Українського Полісся: Загальний характер, рослинність, стратиграфія, шляхи розвитку та народногосподарське значення. Київ: Наук. думка, 1964. 208 с.
3. Блажко Н. Б. Болота та заболочені землі Львівської області. Львівська область: природні умови та ресурси : монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: В-во Старого Лева, 2018. С. 211–223.
4. Блажко Н. Б. З історії дослідження перезвожених ландшафтних систем Львівщини. Наук. зап. Тернопіл. націон. педагог. ун-ту. Сер.: географія. 2004. № 3. С. 18–24.
5. Брадис Е. М., Балашов Л. С. Болота западной Подолии. Природа болот и методы их исследований. Ленинград : Наука, 1984. С. 43–46.
6. Брадис Е. М., Бачурина Г. Ф. Рослинність УРСР. Болота УРСР. Київ: Наук. думка, 1969. 242 с.
7. Брадис Е. М., Рубцов М. І. Про болота Опілля. Український ботанічний журнал. 1966. Т. ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)**

XXIII. № 1. С. 82–86.

8. Державний баланс запасів корисних копалин України. Торф. Львівська область (станом на 01.01.2003 р.) / уклад.: О. М. Мальська, О. В. Лайчук. Вип. 92. Кн. VII. Київ: ДНВП ДІГФУ “Геоінформ України”, 2003. 103 с.

9. Державний баланс запасів корисних копалин України. Торф. Львівська область (станом на 01.01.2007 р.) / уклад.: О. М. Мальська, О. В. Лайчук. Вип. 92. Кн. 1. Київ: ДНВП ДІГФУ “Геоінформ України”, 2007. 89 с.

10. Іванов Є. Передумови формування сучасних ландшафтів межириччя Західного Бугу, Рати і Солокії (Ч. 1). Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. 2018. Вип. 1 (8). С. 171–184. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2018.08.2025>

11. Іванов Є. Передумови формування сучасних ландшафтів межириччя Західного Бугу, Рати і Солокії (Ч. 2). Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. 2019. Вип. 1 (9). С. 49–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2019.1.2801>

12. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Геоекологічні проблеми Малого Полісся. Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. праць / відп. ред. Ф. В. Зузук. Луцьк, 2004. Вип. 1. С. 33–43.

13. Іванов Є., Ковальчук І. Проблеми оцінки антропогенної трансформації ландшафтів Малого Полісся. Фізична географія та геоморфологія. 2003. Вип. 44. С. 116–126.

14. Ковальчук І., Іванов Є. Аналіз сучасної екологічної ситуації в межах Малого Полісся. Природа Західного Полісся та прилеглих територій : матер. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 22–24 вересня 2005 р.). Луцьк: РВВ “Вежа”, 2005. С. 110–117.

15. Курдюмов С. В. Торфові ресурси Західних областей УРСР і перспективи їх використання. Питання розвитку продуктивних сил Західних областей УРСР. Київ, 1954. С. 92–95.

16. Кучерява Л. Ф. Види торфу, стратиграфія та історія розвитку великих боліт в долині р. Дністер. Український ботанічний журнал. 1966. Т. XXIII. № 1. С. 100–106.

17. Природа Львівської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів: Вища школа; Вид-во при Львів. ун-ті, 1972. 151 с.

18. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. (Украина и Молдавия). Ленинград: Гидрометеиздат. 1969, вып. 1. 884 с.

19. Справочник по торфу / под ред. А. В. Лазарева и С. С. Корчунова. Москва: Недра, 1982. 760 с.

20. Торфові болота: природний інструмент регулювання клімату. Вебінар з болотознавцем Т. Мінаєвою. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=B7j07CM7Hh0>

21. Торфяной фонд Украинской ССР. Москва, 1959. С. 1–52; 406–433.

22. Kornella A. Zasoby torfu w wojewodztwach: Krakowskiem, Lwowskiem, Stanislawowskiem i Tarnopolskiem. Warszawa: Komitet Energetyczny, 1931.

23. Peatland Pavilion. URL: <https://storage.net-fs.com/hosting/6147066/2/>

References

1. Andriienko T. L. Antropohenni zminy roslynnoho pokryvu bolit Peredkarpattia [Anthropogenic changes in the vegetation cover of the Precarpathian swamps]. Ukrainskyi botanichnyi zhurnal. 1979. Т. 36. № 5. S. 104–106.

2. Bachuryna H. F. Torfovi bolota Ukrainskoho Polissia: Zahalnyi kharakter, roslynnist, stratyhrafiiia, shliakhy rozvytku ta narodnohospodarske znachennia [Peat swamps of Ukrainian Polissya: General character, vegetation, stratigraphy, ways of development and economic significance]. Kyiv: Nauk. dumka, 1964. 208 s.

3. Blazhko N. B. Bolota ta zabolocheni zemli Lvivskoi oblasti [Swamps and wetlands of Lviv region]. Lvivska oblast: pryrodni umovy ta resursy : monohrafiia / za zah. red. d-ra heohr. nauk, prof. M. M. Nazaruka. Lviv: V-vo Staroho Leva, 2018. S. 211–223.

4. Blazhko N. B. Z istorii doslidzhennia perezvolozhenykh landshaftnykh system Lvivshchyny [From the history of the study of wet landscape systems of Lviv region]. Nauk. zap. Ternopil. natsion. pedahoh. un-tu. Ser.: heohrafiia. 2004. № 3. S. 18–24.

5. Bradis E. M., Balashov L. S. Bolota zapadnoy Podolii [Swamps of Western Podolia]. Priroda bolot i metody ih issledovaniy. Leningrad : Nauka, 1984. S. 43–46.

6. Bradis Ye. M., Bachuryna H. F. Roslynnist URSS. Bolota URSS [Vegetation of the USSR. Swamps of the USSR]. Kyiv: Nauk. dumka, 1969. 242 s.

7. Bradis Ye. M., Rubtsov M. I. Pro bolota Opillia [About the swamps of Opillya]. Ukrainskyi botanichnyi zhurnal. 1966. Т. XXIII. № 1. S. 82–86.

8. Derzhavnyi balans zapasiv korysnykh kopalyn Ukrainy. Torf. Lvivska oblast (stanom na 01.01.2003 r.) [State balance of mineral reserves of Ukraine. Peat. Lviv region (as of 01.01.2003)] / uklad.: O. M. Malska, O. V. Laichuk. Vyp. 92. Kn. VII. Kyiv: DNVP DIHFU “Heoinform Ukrainy”, 2003. 103 s.

9. Derzhavnyi balans zapasiv korysnykh kopalyn Ukrainy. Torf. Lvivska oblast (stanom na 01.01.2007 r.) [State balance of mineral reserves of Ukraine. Peat. Lviv region (as of 01.01.2007)] / uklad.: O. M. Malska, O. V. Laichuk. Vyp. 92. Kn. 1. Kyiv: DNVP DIHFU “Heoinform Ukrainy”, 2007. 89 s.

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

10. Ivanov Ye. Peredumovy formuvannia suchasnykh landshaftiv mezhyrichchia Zakhidnoho Buhu, Raty i Solokii (Ch. 1) [The preconditions of modern landscapes forming between Western Bug, Rata and Solokia rivers (Part 1)]. Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii. 2018. Vyp. 1 (8). S. 171–184. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2018.08.2025>
11. Ivanov Ye. Peredumovy formuvannia suchasnykh landshaftiv mezhyrichchia Zakhidnoho Buhu, Raty i Solokii (Ch. 2) [The preconditions of modern landscapes forming between Western Bug, Rata and Solokia rivers (Part 2)]. Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii. 2019. Vyp. 1 (9). S. C. 49–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2019.1.2801>
12. Ivanov Ye. A., Kovalchuk I. P. Heoekolohichni problemy Maloho Polissia [Geoecological problems of Maly Polissya]. Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii : zb. nauk. prats / vidp. red. F. V. Zuzuk. Luts'k, 2004. Vyp. 1. S. 33–43.
13. Ivanov Ye., Kovalchuk I. Problemy otsinky antropohennoi transformatsii landshaftiv Maloho Polissia [Problems of assessment of anthropogenic transformation of landscapes of Maly Polissya]. Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia. 2003. Vyp. 44. S. 116–126.
14. Kovalchuk I., Ivanov Ye. Analiz suchasnoi ekolohichnoi sytuatsii v mezhakh Maloho Polissia [Analysis of the current ecological situation within Maly Polissya]. Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii : mater. nauk.-prakt. konf. (m. Luts'k, 22–24 veresnia 2005 r.). Luts'k: RVV "Vezha", 2005. S. 110–117.
15. Kurdiunov S. V. Torfovi resursy Zakhidnykh oblastei URSR i perspektyvy yikh vykorystannia [Peat resources of the Western regions of the USSR and prospects for their use]. Pytannia rozvytku produktyvnykh syl Zakhidnykh oblastei URSR. Kyiv, 1954. S. 92–95.
16. Kucheriava L. F. Vydy torfu, stratyhrafii ta istoriia rozvytku velykykh bolit v dolyni r. Dnister [Types of peat, stratigraphy and history of development of large swamps in the Dniester river valley]. Ukrainnyi botanichnyi zhurnal. 1966. T. XXIII. № 1. S. 100–106.
17. Pryroda Lvivskoi oblasti [Nature of Lviv region] / za red. K. I. Herenchuka. Lviv: Vyshcha shkola; Vyd-vo pry Lviv. un-ti, 1972. 151 s.
18. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 6. (Ukrayna y Moldavyia) [Resources of surface waters of the USSR. T. 6. (Ukraine and Moldova)]. Leningrad: Hydrometeoyzdat. 1969, Vyp.1. 884 s.
19. Spravochnik po torfu [Peat Handbook] / pod red. A. V. Lazareva i S. S. Korchunova. Moskva: Nedra, 1982. 760 s.
20. Torfovi bolota: pryrodnyi instrument rehuliuвання klimatu [Peat swamps are a natural tool for climate regulation]. Webinar with swamp scientist, expert of Wetlands International T. Minaeva. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=B7j07CM7HHo>
21. Torfyanoj fond Ukrainkoj SSR [Peat Fund of the Ukrainian SSR]. Moskva, 1959. S. 1–52; 406–433.
22. Kornella A. Zasoby torfu w wojewodztwach: Krakowskiem, Lwowskiem, Stanislawowskiem i Tarnopolskiem [Peat resources in the Krakow, Lviv, Stanislawiw and Ternopil voivodship]. Warszawa: Komitet Energetyczny, 1931.
23. Peatland Pavilion. URL: <https://storage.net-fs.com/hosting/6147066/2/>

Swamp of Male Polissia and their geoecological significance

Ivanov Ye. A., Blazhko N. B., Pylypovych O. V.

The history of the study of swamps and wetlands in Galicia and Lviv region is considered. Centers of peat development in the studied region were identified. Peculiarities of swamps distribution within the plain part of Lviv region and Male Polissia were studied. Malopolissia swamps occupy 59.6 % of the total area of swamps in the plains of Lviv region. The location of the swamps is related with the wetlands of the Western Bug and Styr valleys. The region is dominated by lowland swamps with a predominance of grass groups, less common grass-moss, shrub and forest groups. Within Male Polissia, 57 peat deposits with a total area of 27.76 thousand hectares have been registered. The balance mineral reserves of peat amount to 83,339 thousand tons. The largest peatlands in terms of area and balance mineral reserves are Stoianiv, Solokii, Leshniv, Lviv, Smilne and Radekhiv.

On the basis of topographic maps the tendencies of change of areas of swamps and wetlands in the interfluvies of the Western Bug and Rata for the last 240 years are analyzed. The general trends towards the reduction of wetland areas have been noted. The process of reducing the area of swamps changed in different historical periods. Before the construction of the main canalized channel of the Western Bug, the straightening of riverbeds of Rata and Solokia, and drainage works on small rivers and streams, the level of wetlands remained high and ranged from 14.6 to 23.1%. After the channel straightening and drainage works were completed, the share of wetlands fell to 7.8% of the total area.

In the past, the peatlands of Male Polissia were a valuable industrial resource: chemical raw materials, fertilizer for agriculture, fuel for household needs, and a medicinal natural resource in medicine. The primary functions of peatlands are the storage of dampness and biological diversity, and importantly, carbon dioxide. Swamps and peatlands are the most efficient ecosystems for carbon storage. Topical issues of geoecological significance of wetlands of the studied region are considered, in particular, they act as hydrological and climatic regulators, centers of greenhouse gas deposition, distribution areas of valuable and rare plant species, etc.

Keywords: swamp, wetlands, peat, peat swamp, Male Polissia.

Надійшла до редколегії 25.07.2022

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.3>

УДК 556.025

Сарнавський С.П., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ ЛІВОБЕРЕЖЖЯ СЕРЕДЬНОГО ДНІПРА ВІД ПЕРІОДУ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РІЧКИ ДО ПЕРІОДУ КОМПЛЕКСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (XIX СТ. - ПОЧ. XXI СТ.)

У статті подано історію досліджень лівих приток Середнього Дніпра та розроблено її періодизацію за хронологічними періодами від XIX ст. до початку XXI ст. Виокремлено 5 періодів та ключові етапи досліджень річок регіону впродовж відповідного періоду.

Обґрунтовано подальше продовження в часі періоду систематизації достовірної інформації про ліві притоки Середнього Дніпра в 1801-1820-х рр. Звернуто увагу на описові та картографічні дані цього періоду, зокрема на «Детальну карту Російської імперії та прилеглих закордонних володінь» за 1801-1804 рр. та «Carte de la Russie Europeenne en LXXVII feuilles executée au Depot general de la Guerre» («Велику карту Російської Імперії для Наполеона») за 1812 р.

Детально висвітлюються питання теорій XIX - поч. XX ст. щодо формування річкових долин лівих приток Середнього Дніпра – в працях Миколи Арендаренка, Миколи Маркевича, Василя Докучаєва, Івана Леваківського, Миколи Максимовича та Євгена Оппокова. Робиться акцент на двох головних картографічних творах 1840-1860 рр., що відображають детальну гідрографічну сітку річок регіону - карти М. Арендаренка «Головних річок та ярів Полтавської губернії» 1848 р. та «Військово-топографічної карти Російської Імперії» 1846-1863 рр. авторства Ф.Шуберта і П.Тучкова.

Наведено інформацію щодо формування системи гідропостережень на річках лівобережжя Середнього Дніпра та обґрунтовано виділення ключових етапів формування, розширення та згортання мережі гідропостів із 1880 по 2022 рр. Виокремлено інформацію про польові наукові експедиції річками досліджуваного регіону під керівництвом гідрологів В. Лохтіна (1882 – 1892 рр.) та Є. Оппокова (1894 – 1898 рр.). Подано інформацію про найбільш точний каталог річок та струмків Дніпровського басейну Маштакова П.Л. «Список рек Днепровского бассейна. С картой и алфавитным указателем». Зроблено просторово-часовий аналіз діяльності організацій галузі водного господарства, залізничного транспорту, сільського господарства на головних лівих притоках Середнього Дніпра за 1910 – 1930 рр.

Детально висвітлено діяльність Гідрометеорологічної служби УРСР по складанню гідрологічних описів лівих приток Середнього Дніпра в період із 1949 по 1960 рр. Зроблено детальний аналіз списку праць з гідрологічних та дотичних досліджень, що стосуються річок лівобережжя суббасейну Середнього Дніпра з 1920 по 2022 рр.

Ключові слова: історія досліджень; Середній Дніпро; ліві притоки; річкова мережа; гідропости; Гідрометеорологічна служба.

Вступ. Дослідження лівих приток суббасейну Середнього Дніпра – Трубежу, Супою, Золотоношки, Ірклію, Ковраю, Сули, Псла, Кагамлику та Ворскли – вступило в активну свою фазу в останні два століття – від початку XIX ст. В цей час розпочинається відхід від фрагментарних та нерегулярних описових матеріалів про річки даного регіону до перших інструментальних вимірювань рівнів води в першій чверті XIX ст. та відкриття цілої системи водомірних (гідрологічних) постів в XX ст., яких у 1910-1930 рр. на досліджуваних річках нараховувалось близько 90. На межі 90-х рр. XIX ст. та 30-х рр. XX ст. проводились польові експедиції та вузькоспеціалізовані дослідження відповідних річок з метою отримання достовірних даних для господарських цілей. Отримання гідрологічної інформації в першій половині XX століття починає кординуватись спеціальними гідрометеорологічними організаціями в межах України - Гідрометеослужбою України та її регіональними представництвами в областях – центрами з гідрометеорології (ЦГМ). В другій половині XX ст. вивчення лівих приток суббасейну Середнього Дніпра вступило в період комплексних досліджень, з'являється велика кількість праць гідрологічного та географічного змісту. В XXI ст. велика роль в отриманні та обробці гідрологічної інформації про ліві притоки басейну Середнього Дніпра належить системам ДЗЗ та ГІС-
ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

системам, а головними напрямками гідрологічних досліджень річок регіону є забруднення вод, господарське використання та вплив глобальних змін клімату на гідрографічну сітку регіону.

Порівняно із попередніми дослідженнями XVIII ст. можна відзначити кардинально якісний стрибок у вивченні лівих приток Середнього Дніпра.

За аналогією з нашими попередніми наробками [78], пропонуємо виділити 5 ключових періодів та 17 етапів гідролого-географічних досліджень лівих приток Середнього Дніпра від початку XIX ст. – табл. 1.

Таблиця 1. Періодизація досліджень лівих приток Середнього Дніпра за хронологічними періодами XIX – XXI ст.

№ з/п	Період гідролого-географічних досліджень	Часові межі періоду	Етап гідролого-географічних досліджень	Часові межі етапу
4.	Продовження періоду систематизації достовірної інформації про річки	1801 – 1820 рр.	4.3. Продовження накопичення описової інформації про річки регіону та створення детальних карт гідрографічної сітки адміністративних регіонів	1801 – 1820 рр.
5.	Початковий період інструментальних досліджень річок	1820 – 1880 рр.	5.1. Початок перших інструментальних досліджень та відкриття перших водомірних постів	1820 – 1840 рр.
			5.2. Створення великомасштабних карт із відображення гідрографії регіону дослідження	1840 – 1860 рр.
			5.3. Наукове обґрунтування утворення річкових долин	1840 – 1880 рр. (окремі автори в 1901 – 1905 р.)
6.	Період формування системи постійних гідроспостережень та наукових експедицій	1880 – 1910 рр.	6.1. Початок роботи перших постійних гідропостів	1880 – 1910 рр.
			6.2. Етап перших наукових (польових) експедицій для дослідження та картографування річок суббасейну	1880 – 1910 рр.
			6.3. Етап початку масової каталогізації річок регіону	1910-ті рр.
7.	Період розширення мережі гідрологічних постів, розрізаних польових досліджень та детального картографування території	1910 – 1943 рр.	7.1. Етап «першої хвилі» розширення мережі гідропостів	1910 – 1930 рр.
			7.2. Вузькоспеціалізовані дослідження річок регіону для потреб господарства. Створення Гідрометеослужби України	1910 – 1930 рр.
			7.3. Початок видання комплексних вузькогалузевих гідрологічних та фізико-географічних праць про річки регіону	1920 – 1930 рр.
			7.4. Етап створення детальних топографічних карт регіону на вимогу військових потреб	1930 – 1943 рр.
8.	Комплексні дослідження річок регіону	1943 – 2022 рр.	8.1. Етап найбільшої «другої хвилі» розширення мережі гідропостів, зокрема і на малих річках	1943 – 1965 рр.
			8.2. Комплексні гідрологічні та гідро-географічні дослідження річок УГМС	1949 – 1960 рр.
			8.3. Нова хвиля масової каталогізації річок регіону	1950 – 1970 рр.
			8.4. Етап створення вузькоспеціалізованих гідрологічних та фізико-географічних праць про річки регіону	1970 – 1990 рр.
			8.5. Етап «згортання» кількості гідропостів, зростаюча роль супутникових даних та комп'ютерних програм в дослідженні річок	1990 – 2022 рр.
			8.6. «Екологічний» етап дослідження річок за напрямками: забруднення вод, господарського використання, глобальних змін клімату тощо	1990 – 2022 рр.

На початку XIX ст. продовжується період систематизації достовірної інформації про ліві притоки Дніпра. Цей період триватиме до 1820-х рр. Автори праць, виданих протягом цього часового відрізка продовжують накопичувати описову інформацію про річки регіону та створюють детальні карти його гідрографічної сітки.

Так в частині VI «Землеопису Російської імперії» Євдокима Зябловського 1810 року знаходимо опис головних річок Полтавської губернії. Описується річка Дніпро, як головна річка губернії, яка виступає її західною межею. Зазначаються всі головні річки губернії – Трубіж із своєю правою притокою Альтою, яка впадає нижче міста Переяслава в Дніпро; Сула, яка бере початок із Слобідської України і приймає із правої сторони свої великі притоки – Лохвицю, Удай та Оржицю; вказується, що річка є судноплавною від Дніпра до міста Лубни; Псел, що витікає із Слобожанщини, для судноплавства використовується тільки навесні, а влітку в багатьох місцях пересихає, найбільшою правою притокою якого є річка Хорол, а лівою – Говтва; Кагамлик – невелика річка, що протікає між Сулою та Псом, яка несе свої води до Дніпра; Ворскла, що бере свій початок із Слобідської України, з лівого боку приймає дві великі свої притоки – річки Мерло і Коломак. Ворскла є великою річкою, але судноплавство по ній вкрай обмежене. В праці також зазначено, що великих озер в Полтавській губернії немає [1].

В 1801-1804 рр. видається «Детальна карта Російської імперії та прилеглих закордонних володінь», яка була надрукована на 100 окремих аркушах. Дана карта є однією із найкращих серед картографічних джерел інформації XIX ст. поряд із Великою картою Російської Імперії 1812 року для Наполеона «Carte de la Russie Europeenne en LXXVII feuilles excecutee au Depot general de la Guerre» та Військово-топографічною картою Російської Імперії 1846-1863 рр., створеною під керівництвом Ф.Ф. Шуберта і П.А. Тучкова. Саме дані три картографічні твори дають найкраще уявлення про гідрографічну сітку існуючих річок регіону в XIX ст. та є досить достовірними та детальними для відображення річкової мережі Лівобережжя Середнього Дніпра оскільки, по-перше, виконані у великому масштабі - перша в масштабі 20 верст в 1 дюймі (в 1 см – 8,4 км), друга - в 1 см - 5 км та третя – 3 версти в 1 дюймі (в 1 см – 1,26 км), а по-друге, відображають велику кількість річок, які існували в XIX столітті від найбільших - таких як Дніпро - до найменших, які сьогодні вважаються зниклими такими як Брошня - ліва притока Ворскли в межиріччі між Мерлом та Коломаком [2-4].

У 1820-х роках були проведені перші інструментальні дослідження та відкриваються перші водомірні пости на річках досліджуваного регіону. Таким чином розпочинається початковий період інструментальних досліджень річок, який триватиме із 1820 по 1880 рр. Створюються великомасштабні карти із відображенням гідрографії регіону дослідження, зокрема вище згадана Військово-топографічна карта Російської імперії 1846-1863 рр. Ф.Ф. Шуберта і П.А. Тучкова, а також карта головних річок та ярів Полтавської губернії 1846 р., створена Миколою Арендаренком. Запроваджуються нові теоретичні підходи щодо утворення та розвитку долин лівих приток Середнього Дніпра, які досліджували - Микола Арендаренко, Микола Маркевич, Василь Докучаєв, Іван Леваківський, Микола Максимович, Євген Оппоков та ін.

В 1804-1824 рр. за наказом Київського митрополита Серапіона розпочалися перші регулярні стаціонарні спостереження за рівнями Дніпра біля Києва. Водомірний (пальовий) пост був відкритий в районі сучасного, річкового вокзалу. В 1828 р. відкрили водомірний пост в районі Київської пристані для потреб водного транспорту. Перші витрати води на Дніпрі біля Києва були виміряні в 1831 – 1832 рр. полковником Шишовим, який досліджував Дніпро в районі Києва для потреб проектування Ланцюгового моста. В 1839 р. біля Києва, за проектом інженера Завадовського, був споруджений рейковий водомірний пост. На жаль, рейка була недостатньо захищена і часто пошкоджувалась, а при її відновленні мало дбали про точну ув'язку з попереднім нулем спостережень.

Зацікавленість до гідрологічних досліджень зросла після катастрофічної повені 1845 року. У цей час започатковано масові дослідження гідрологічного режиму багатьох річок України. В 1850-х роках у Києві повторно відкрили водомірний пост біля Ланцюгового

моста, який був названий «нульом Віньоля». Слід відзначити, що дані спостережень за рівнями води Дніпра біля Києва використовувались лише з 1860 р. Це пояснюється тим, що починаючи з цього року дані спостережень стало можливим привести до єдиного нуля графіка [5].

В 1846 році полтавським статистом Миколою Арендаренком створюється карта «Головних річок та ярів Полтавської губернії». Дана карта відображала всі річки губернії починаючи від Дніпра та закінчуючи найменшими його притоками 5-6 порядку, окрім цього велика увага приділена ярам та балкам, які також відіграють важливу функцію поверхневого стоку річок регіону, особливо навесні. Дана карта досить важлива, бо позначає малі річки та яри (балки), які на сьогодні вже є зниклими. Також кожна річка та яр (балка) має свої гідрологічні параметри - ширину русла, ширину заплави, глибину, склад гірських порід берегів річок та тип ґрунту на дні ярів та балок [6].

У 1848 році Микола Арендаренко видає свою працю «Записки про Полтавську губернію» і в цій книзі знаходимо детальний опис поверхневих вод Полтавського краю. В першій частині даної книги в розділі «Місцезнаходження і води» перераховуються найбільші річки губернії за довжиною – Дніпро і його найбільші ліві притоки – Ворскла, Псел, Сула, Оріль і менші за довжиною – Трубіж, Супій, Золотоноша, Коврай, Ірклій, Кагамлик, Келеберда і Кобилячок. Зазначається, що русла цих річок обмежуються більш-менш високо піднятими берегами. Загалом в межах губернії ці 12 річок приймають до себе 119 приток меншого порядку, більшість з них мають невелику довжину. На території Полтавської губернії розташовані 26 незначних озер. Річки та озера в губернії загалом мілководні. Під час весняного водопілля рівень води в них різко підвищується, але досить швидко всі ці води надходять до Дніпра і рівень води в річках нормалізується. Причиною маловоддя на річках Полтавщини за визначенням автора та історичних фактів є природні чинники, особливо клімат, який в XIX столітті став більш посушливішим, ніж в минулому. Свідченням більш вологого клімату на думку автора є високо підняті береги всіх великих і малих річок, яри, балки, які прорізають губернію в напрямку долин річок. Самі ж долини річок є значно більшими за сучасну течію річок губернії, вказують на те що територія Полтавської губернії в минулі часи мала більш вологіший клімат ніж на період XIX століття. Ще одним чинником, що підтверджує цю гіпотезу може бути (на думку автора) наявність прируслових низовин, які сформувались із річкових наносів, які часто перегороджували русло річки і утворювали озера-стариці або річкові затоки, дно яких складається із мулу. Чим ближче русло річок Полтавської губернії знаходиться до долини Дніпра тим цей процес більш помітніший ніж у середній чи верхній течії даних річок. Автор робить висновок, що рівень води у річках Лівобережжя Середнього Дніпра в минулі століття був значно вищим ніж в XIX ст. В праці також робиться перша спроба описати час утворення лівих приток Середнього Дніпра. Зокрема, зазначається за описом природознавців Палласа та Турнефорта, що в часи, коли Чорне море не було з'єднано із Середземним через Босфор, води Дніпра, Дунаю, Дністра, Дону та Кубані наповнювали його басейн і рівень води в ньому був значно вищим; в районі Кумо - Маницької долини, воно з'єднувалось із Каспійським морем. Природознавці зазначають, що північне узбережжя Чорного моря могло досягати північно-східних кордонів Полтавської губернії, а можливо і ще північніших територій. В результаті землетрусу, коли сформувався Босфор, більш прісні води Чорного моря прорвалися в басейн Середземного моря і таким чином його площа значно зменшилася в розмірах, море втратило зв'язок із Каспієм, а його води відійшли із території Полтавщини до сучасної лінії узбережжя, формуючи долини сучасних лівих приток Середнього Дніпра. Ця теорія дуже подібна до сучасного уявлення про теорію Чорноморського потопу, яку обґрунтували у 1998 році Вільям Раян і Волтер Пітман, геологи Колумбійського університету (США). Вони опублікували дані про величезну повінь через утворення Босфору, що сталася близько 5600 р. до н.е. Танення останнього льодовика перетворило Чорне і Каспійське море у великі прісноводні озера, тоді як рівень моря у всьому світі залишався низьким. Зайва прісна вода цих озер при утворенні Босфору була скинута в Егейське море. Праця М. Арендаренка містить детальні дані про довжину, ширину, глибину головних річок Полтавської губернії та кількість їх приток – табл.2 [6]:

Таблиця 2. Річки Полтавської губернії за працею М. Арендаренка «Записки про Полтавську губернію» 1848 р.

Назва річки	Довжина	Ширина	Глибина	Кількість приток в межах Полтавської губернії
Дніпро	245 верст	0,5-1 верст (при повені – 1-4 верст)	2-4 сажени (при повені 3-5 сажени)	12 приток – Трубіж, Супій, Золотоноша, Коврай, Ірклій, Сула, Кагамлик, Псел, Келебердянка, Кобилячок, Ворскла і Оріль. 6 рукавів в Кременчуцьком повіті – Хрящуватий, Ревучий, Гирмань, Бистрик, Іорданка і Дідовий
Трубіж		долини 100 сажени		5 ключових приток – Недра, Альта (Ільтиця), Броварку, Карань, Цибля, тощо
Супій				Супій впадає в Дніпро 4 руслами
Золотоноша				2 притоки – Згар та Кропивна
Ірклій				1 притока - Ковраєць
Сула		долини 1,5-5 верст річки 12-25 сажени	0,66-1,5 сажени	25 приток – Ромен, Бобрик, Лохвиця, Удай (16 приток – Іченька, Нежирів, Галка (2 притоки – Ірод та Рівчанка-Бабушина), Полова, Смош, Лисогір, Качка (Утка), Журавка, Махнівка, Перевід, Небораківщина та ін.), Артополоть, Сулиця, Кремьянка, Мгар, Вільшанка, Матяшівка, Сліпорід, Оржиця (3 притоки – Жабине-Око, Журавка та Чумгак), Крива-Руда, Хмелівка, Бишкін, тощо
Кагамлик				
Псел		долини 2-4 верст, річки 25-60 сажени	2-3 сажени	20 приток – Хорол (30 приток), Грунь (9 приток із них Фіалка, Лозова, Суха Грунь), Грунь-Ташань (найбільша притока Величкова-Говтва та ін.), Говтва (Шишацька Говтва (Хозовець, Кривовусівка), Вільхова Говтва (Водяна та Середня Говтва)
Келебердянка				
Кобелячок				
Ворскла		долини 1,5-2 версти, річки 10-40 сажени	0,5-2 сажени	Більше 11 приток – Рогізна, Полтавка, Ковжижа, Боршня, Мерло, Полузир'я, Коломак (4 притоки – Чутова, Лисяча, Ладиженка та Свинківка), Тагамлик, Кушелов, Великий Кобелячок (Малий Кобелячок та Вовча), Кишенька, тощо

М. Арендаренко надає також опис характеристики дна річок. Так Дніпро має кам'янисте дно в Кременчуцькому та Кобеляцькому повітах, де воно заважає судноплавству, особливо влітку коли рівень води в річці знижується. Дно Трубежу піщане та мулисте, територія долини заболочена. Супій та Сула мають мулисте дно, долина Сули часто засоленна, в болотистих місцях багата на торф. Дно річки Псел різноманітне, переважно має піщану структуру, місцями на його дні знаходять розсипи бурштину, кварцу, граніту, гальки та залишки скам'янілого очерету та молюсків. В межах долини Псла, в районі Білоцерківки, можна побачити виходи мергелю на поверхню. Ворскла здебільшого має піщану структуру дна, яка лише в деяких місцях порушується виходами кам'янистого піщаника на дні [6].

Робиться висновок і про судноплавство в межах річок Полтавської губернії в ХІХ ст. Відзначається, що Дніпро єдина повністю судноплавна річка губернії, підкреслюється, що єдиною проблемою судноплавства на Дніпрі є зміна його русла та формування численних островів в його руслі і виходи каменю (пороги) в Кременчуцькому та Кобеляцькому

повітах. Перераховуються ключові річкові пристані при селах Андруші, Ячники і Жеребятин в Золотоношському повіті, при селах Бубнів і Прохорівка, містах Кременчук, Градизьк, Келеберда в Кременчуцькому повіті та містах Орлик та Переволочна в Кобеляцькому повіті. Підкреслюється перспективність і економічна вигода використання річки Псел, яка б пов'язала собою Дніпровський регіон із територією Полтавщини та інших північно-східних українських губерній. За літописами минулих століть відзначається, що річки Сула, Трубіж та Альта були судноплавними. Так в XIX ст. на дні Трубежу в районі міста Переяслав знайдені якорі, а залишки суден відомі на Сулі.

Праця цікава також тим, що надає детальних опис ландшафтів долин річок Полтавської губернії з детальним описом рельєфу, ґрунтів, рослинного покриву та тваринного світу [6].

Схожу, і навіть в деяких місцях ідентичну інформацію, про річки Полтавської губернії знаходимо в томі XII, частині 3, «Военно-статистичного огляду Російської імперії» Департаменту Генерального Штабу Російської імперії за 1848 рік. Єдиною гарною відмінністю є подання схеми «Природна система вод», яка відображає у графічному вигляді структуру лівих приток Середнього і, частково, Нижнього Дніпра (басейн Орелі). Схема демонструє порядок річок починаючи від найбільшої річки Полтавської губернії – Дніпра, потім відображає річки його суббасейнів – Трубежу, Супою, Золотоноші, Ірклею, Сули, Кагамлику, Псла, Ворскли, Кагамлику та Орелі. В межах кожного суббасейну представлена гідрографічна сітка, яка детально відображає головні притоки даних річок із їх назвами та включає річки меншого порядку. Так, найбільша мережа річок найменшого порядку характерна для таких ключових лівих приток Середнього Дніпра як Псел – Грунь, Грунь-Ташань, Хорол, Говтва; Сула – Удай, Оржиця; Ворскла – Коломак, Тагамлик; Оріль – Орчик [7].

У «Военно-статистичному огляді Російської імперії» перераховані найбільші 7 озер Полтавської губернії – табл.3:

Таблиця 3. Найбільші озера Полтавської губернії на середину XIX ст., [7]

Назва озера	Географічне розташування	Довжина	Ширина	Глибина
Піщане	в гирлі річки Сула	650 саж.	180 саж.	2 саж.
Соснівка	в гирлі річки Сула	150 саж.	60 саж.	1,5 саж.
Піщане	містечко Власівка, передмістя Кременчука, Кременчуцький повіт	870 саж.	150 саж.	6 арш.
Кременецьке	в гирлі річки Псел	800-900 саж.	50-90 саж.	1,5-3,5 саж.
Барбара	в гирлі річки Псел	800-900 саж.	50-90 саж.	1,5-3,5 саж.
Сивош	село Єристівка, Кременчуцький повіт (басейн Псла)	650 саж.	8 саж.	1 арш.
Лиман	село Святилівка, поблизу гирла Сули	1000 саж.	300 саж.	0,75 арш.
Моїсеївське	село Романівка, Зіньківський повіт.	1,5 верст	450 саж.	-

В 1859 році видаються «Записки імператорського російського географічного товариства», де в книзі XI вміщено статтю Миколи Маркевича «Річки Полтавської губернії». Самого Миколу Маркевича вважають першим на теренах Полтавської губернії гідрометеорологом, який здійснював інструментальні спостереження за рівнем Ворскли в період між 1824-1849 рр [8]. В своїй праці він обговорює питання кількості річок в межах Полтавської губернії, яких нарахував на той часовий період – 242, з них 17 знаходяться безпосередньо всієї своєю довжиною в межах Полтавської губернії, а 225 річок є транзитними, які течуть із-за меж або за межі губернії. Вказується загальний напрямок головних річок Лівобережжя Середнього Дніпра на південний захід, а їх притоки мають напрямок на північний схід, південний схід та схід. Подається узагальнена інформація про морфометричні параметри річок Полтавщини. Зокрема, дізнаємось про р. Ворскла: «Русло вузьке, глибина 3-3,5 сажени; долина широка від 2 до 4 верст, оточена

прямовисними височинами від 3 до 10 сажень; дно в головних річках піщане, в другорядних – мулистє...». Микола Маркевич пропонує теорію, яка перекликається із теорією Палласа, Турнефорта та була висвітлена в праці «Записки про Полтавську губернію» Миколи Ардаришенка. А саме, обговорюється ізольованість Чорноморського басейну від Середземномор'я, оскільки через низький рівень води Середземного моря не існувало його водних зв'язків із Чорним морем – через теперішні протоки Босфор та Дарданелли та із Атлантикою, оскільки була відсутня сучасна Гібралтарська протока. Але в результаті танення льодовиків в Північних районах Європи і надходження великої маси води через систему річок Дунаю, Дніпра, Дону та інших рівень води в Чорноморському регіоні різко підвищився і величезна маса води увірвалась через Босфорську протоку в Середземне море, а далі можливо і в Атлантику через Гібралтар [9].

За свідченням автора підтвердженням цього процесу можуть бути прорізані широкі та глибокі долини полтавських річок, по яким вони розливаються навесні. Річкові наноси, форма долин і насипів є також свідченням потужних водних потоків, що текли цієї територією в минулому. Микола Маркевич обґрунтовує причину цього явища і вона цілком співпадає із так званою теорією Чорноморського потопу, що обґрунтовується в наш час. Обговорюється також можливість судноплавства річками Середнього Дніпра, зазначається, що Трубіж, Супій та Перевід в XIX ст. стали дуже заболоченими, мілкими, а їхні деякі притоки взагалі пересохли. Хоча ще в часи Київської Русі вони активно використовувались у судноплавстві [9].

Причиною обміління і зменшення водності річок Полтавської губернії автор зазначає антропогенну діяльність, зокрема вплив загат та дамб на цих річках. Саме дамби, які будуються в цей час для функціонування водяних млинів, риборозведення та інших цілей, спричиняють послаблення природного руху води в річках, який призводить до її цвітіння, заростання болотною рослинністю, накопичення мулу та торфу на дні річок, що й призводить до їх обміління. Яскравим прикладом такої річки називається притока Сули – Удай. Причиною припинення судноплавства на колишніх судноплавних річках, що перераховувались вище, автор також називає створення загат в руслах цих річок. В статті також зазначено, що якщо можна було б прибрати всі загати із річок Полтавщини то такі річки як Псел та Сула могли бути судноплавними на XIX ст., за рахунок використання плоскостонних суден водотоннажністю до 120-200 пудів. Обговорюється також доцільність використання загат для водяних млинів, які втратили свій колишній потенціал, оскільки по півроку в багатьох річках Полтавської губернії відсутня постійна течія, а в посушливі роки то і більше півроку, рівень води в річках недостатній для нормального функціонування водяних млинів. Як варіант заміни водяних млинів М.Маркевич пропонує перейти на вітрові млини, а загати на річках зруйнувати та відновити природний рух вод в річках Полтавщини, в окремих частинах із поглибленням та очищенням намулу із дна річок [9].

Причиною зменшення водності річок басейну Середнього Дніпра називається також і знищення лісів в заплавах річок, які своєю кореневою системою затримували значну частину ґрунтової води не даючи їй випаровуватись. Назви річок, біля яких засновувались населені пункти губернії – Ольшанка, Ольховатка, Дубина, Березанка, В'язова, Берестова, Липянка та інші підтверджують значну лісистість долин не тільки головних приток Дніпра – Псла, Ворскли та Сули, а й дрібних, зовсім не значних річок [9].

Микола Маркевич розділяє всі річки Полтавської губернії на 5 басейнів: Сули, Псла, Ворскли, Орелі і басейни окремих невеликих річок, що безпосередньо впадають в Дніпро. Він детально описує кожен із вказаних басейнів, зазначає в межах кожного із басейнів його голову річку та її притоки, їх географічне положення та напрямок течії, довжину, глибину, ширину, характеристику берегової лінії та дна, наявні греблі, водяні млини, населені пункти в долинах цих річок та місце впадіння річки в межах губернії. Дніпру як найбільшій річці Полтавської губернії відводиться найдетальніший опис, де окрім вище зазначених параметрів зазначені особливості водного режиму – період початку льодоставу, початку і тривалості водопілля. Описуються озера, острови, річкові рукава в долині Дніпра, надається характеристика судноплавства в межах найбільшої річки губернії. Притокам III порядку надано вже менше інформації – географічне положення, довжина, напрямок течії, розташовані греблі та водяні млини, поселення в долині річки та місце впадіння. Річки IV та V порядку висвітлені досить поверхово, надається тільки

приналежність до вищої за порядком річки, місце впадіння та загальна довжина. Деякі малі річки просто перераховані без зазначення майже жодних параметрів, прикладом можуть бути річки в межах Полтави – Панянка та Рогізна про які подається наступна інформація: «Притоки Ворскли. Обидві в Полтаві».

В праці також подаються узагальнені дані про довжини усіх річок Полтавської губернії від найдовшої до найкоротшої, підраховано кількість земель, що знаходяться під водною поверхнею, басейни річок структуровані по кількості населення, що проживає в їх межах.

Заключним етапом праці Миколи Маркевича є створення систематичної таблиці річок Полтавської губернії, з їх поділом на п'ять порядків - від I-го – це річки, які впадають безпосередньо в Дніпро, до V-го – це найменші річки Полтавської губернії, що належать до басейну Дніпра [9].

В 1862 році Центральним статистичним комітетом міністерства внутрішніх справ Російської імперії видається серія «Списки населених місць Російської імперії». В томі XXXIII. Полтавська губернія, детально описується 3 головних басейни річок, що відносяться до басейну Середнього Дніпра – Сули, Псла та Ворскли. Окремо подано опис інших лівих приток Дніпра – Трубіжу, Супою, Золотоноші, Ірклею, Кагамлику, Келебердянки, Кобеляк та взагалі найменших річок, які безпосередньо впадають в Дніпро – Ковраєцю, Баталиму, Свинотопі, Вирвихвісту, Гирмані і Недогароку [10].

Зазначаються головні параметри цих річок, зокрема надаються дані про ширину русла, ширину заплави та глибину річок. Надається опис річок щодо можливості судноплавства, описуються їх ландшафти в межах заплави, надається характеристика поширених корисних копалин та гірських порід в межах русла, характер заболочуваності та зазначена кількість водяний млинів. Окремо надається характеристика розселення населення в межах басейнів цих річок. Важливою відмінністю від попередніх праць є точна кількість приток кожного із суббасейнів Середнього Дніпра та характеристика їхніх гідрологічних параметрів. Так в межах басейну Сули, з її 102 приток, детально розглянуто дві притоки – Удай та Оржиця, в межах басейну Псла (71 притока) – Хорол, Грунь та Грунь-Ташань, а в межах басейну Ворскли (13 приток) – Коломак та Великий Кобелячок. Детальну інформацію про параметри лівих приток Дніпра подано в – табл.4 [10]:

Таблиця 4. Морфометричні параметри річок Полтавської губернії за даними Центрального статистичного комітету міністерства внутрішніх справ Російської імперії, 1862 р.

Назва річки/ довжина	Ширина русла	Ширина заплави	Глибина річки	Притоки	Будова річки
Басейн Сули					
Сула/ 325 верст	12-73 сажені	1,5-6 верст	2-9 аршини	102 притоки, найбільші – Удай та Оржиця	
Удай/ 208 верст	7-30 сажені	375-1500 сажені	1-3 сажені	16 приток	
Оржиця/ 130 верст	5-25 (в Теплівці на загаті – 450) сажені	500-1250 сажені	1,5-2 сажені	5 приток в межах Полтавської губернії – Жабино-Око, Суха Оржиця, Чумгак, Жоравка та Чевельчу	
Басейн Псла					
Псел/ 243 верст в межах Полтавської губернії	25-30 сажені	1000- 2000 сажені	2-3 сажені	71 притока, найбільші - Хорол, Грунь та Грунь- Ташань	
Хорол/ 248 верст	10-15 сажені	25-1000 сажені	1,5-2 сажені	30 приток	
Грунь				9 приток – Фіалка, Лозова, Суха Грунь та інші	

Назва річки/ довжина	Ширина русла	Ширина заплави	Глибина річки	Притоки	Будова річки
Грунь-Ташань				Грунь-Мокра, Човнова, Величкину-Стеху та інші	
Басейн Ворскли					
Ворскла	12-40 сажені	500-1000 сажені	1-2 сажені	15 приток, найбільші - Коломак та Великий Кобелячок	
Коломак				Чутівка та Свинківка	
Великий Кобелячок				Малий Кобелячок	
Інші важливі басейни					
Трубіж	20 сажені	250 – 500 сажені	2 сажені	Недра, Ільтиця (Альта), Броварку, Карань і інші	
Супій/ 112 верст					Дельта із 4 рукавів
Золотоноша/ 108 верст				Згар, Кропивна	
Ірклій/ 60 верст					

В 1878 році Василь Докучаєв видає книгу «Утворення річкових долин Європейської Росії», де здійснює опис формування річкових долин на території Східноєвропейської рівнини, зокрема і лівих приток Середнього Дніпра. Причину утворення такими відносно невеликими річками таких широких долин вчений пояснює озерною теорією формування їх русел. Зазначається, що в післяльодовиковий період річки регіону утворювали окремі озерні системи, які з часом об'єдналися в єдину річкову систему і це явище В.В.Докучаєв простежує від Дніпра до головних його лівих приток – Сули, Псла, Ворскли та їхніх приток [11].

В своїй роботі вчений часто посилається на роботи відомого харківського геолога Івана Федоровича Леваківського, який в своїй праці «Геологічні явища в південній Росії» надає детальну інформацію про ширину річок басейну Середнього Дніпра – табл.5 [12].

Таблиця 5. Ширина окремих річок басейну Середнього Дніпра за даними І. Ф. Леваківського [12]

Річки	Звичайна ширина річки (в саженях)	Ширина при водопіллі (в саженях)	Співвідношення
Лохвиця	2	750	1:375
Сліпорід	5	1500	1:300
Хорол	13	875	1:67
Удай	18	1166	1:64
Ворскла	18	875	1:47
Супій	18	708	1:38
Сула	22	1875	1:85
Псел	30	1115	1:37
Дніпро	425	3250	1:7

В.Докучаєв був вражений, як такі незначні річки мають такі широкі річкові долини навіть більші ніж у великих річок Російської імперії та світу. Він також відзначив, що у лівих приток Середнього Дніпра відмічається звуження заплавної частини в напрямку до їх гирла, що не відповідає логічному принципу живого перерізу річки. Саме цей факт і наштовхнув його до озерної теорії формування долин даних річок, а їхні вузькі частини він пояснював наявністю місць, де озерні води пробіли собі шлях і поєднали окремі озера в цілу річкову систему [11].

У 80-х роках XIX століття розпочинається період формування системи постійних гідропостережень та наукових експедицій в межах Лівобережжя Середнього Дніпра. Перші постійні водомірни (як їх тоді називали) пости, звісно, було відкрито в межах Києва на Дніпрі, але починаючи із 1908 року вони з'являються на Пслі (Суми), а з 1913-1914 рр. на Трубежі, Супою, Сулі та Ворсклі. На 1880 – 1900 рр. припав активний період польових наукових експедицій річками досліджуваного регіону. Зокрема, це експедиції під керівництвом гідрологів В. Лохтіна (1882 – 1892 рр.) та Є. Оппокова (1894 – 1898 рр.). Відбувались також нівелювання місцевості та картографування територій на вимогу державних структур з метою осушення заболочених територій в басейнах лівих приток Середнього Дніпра. В 1913 році завершується даний період виданням найбільш точного (на той час) каталогу річок та струмків Дніпровського басейну Маштакова П.Л. «Список рек Днепровского бассейна. С картой и алфавитным указателем». В даному каталозі виокремлено 9 значних басейнів Лівобережжя та інші незначні ліві притоки Середнього Дніпра, де перераховано 569 річок в межах досліджуваного району.

У 1880-1890 рр. Міністерством землеробства Російської імперії вперше проводилась топографічна зйомка річки Золотоношки із технічним нівелюванням з метою осушення заплави річки [13].

В 1881 році починає діяти постійний водомірний пост на Дніпрі, в межах міста Києва, в 1882 році – в районі Кременчука.

У фундаментальній праці І.Леваківського «Воды России по отношению к ее населению» за 1890 р. знаходимо інформацію про кількість річок Полтавської губернії – 242 річки, а також перше обґрунтування зменшення густоти річкової сітки в межах Лівобережжя Дніпра із північного заходу на південний схід та середні показники водозабезпечення Полтавської губернії поверхневими водами, який він виражає в кількості осіб на 1 кв. версту, що відображає забезпечення території поверхневими водами, в даній губернії - 55,7 осіб на 1 кв. версту (в Київській – 57,6 осіб на 1 кв. версту, а в Харківській – 42,2). Зазначено, що річки Лівобережжя Дніпра являють собою замкнену річкову систему, яка утворилась від діяльності текучих вод та складається із річкових долин, балок і ярів [14].

В праці також описуються вододіли Дніпра та Дону, зазначається, що найвищі висоти вододілу проходять на висотах понад 1000 футів (в окремих місцях до 1017 футів). Всі ліві притоки Дніпра мають чітко виражений напрям на південний захід, зокрема згадуються річки – Псел та Ворскла. Зазначається, що їх басейни стоку, як і сусідніх річок, що стікають із Середньоруської височини, підходять дуже близько один до одного за допомогою приток меншого порядку, балок та ярів, які часто розмежовуються лише невеликими підняттями в рельєфі, з яких стікають дві близько розташовані річки, але вони несуть свої води до двох різних басейнів стоку. Відзначається, що річки даного регіону маю три ключові типи живлення – дощові та снігові опади та підземні води. А через те що територія є пагорбкуватою низовиною і прорізана мережею річок, балок та ярів більшість вод швидко стікають до басейнів свого стоку, не утворюючи великої кількості боліт та озер, дуже залежачи від кількості атмосферних опадів. Відзначається, що підстилаючи лесові породи в регіоні Лівобережжя Дніпра, як і на інших територіях сучасної центральної та південної України, мають дуже велику вологоємність, а тому потребують великої кількості опадів, щоб утримувати значну кількість ґрунтових вод. При тому потрібно щоб атмосферні опади випадали рівномірно без великих проміжків часу, бо в протилежному випадку лесові породи не будуть розмочені і просто не інфільтруватимуть поверхневу воду в ґрунтову. Під час весняної повені, зазначає І.Ф.Леваківський, поверхнева вода просочується на глибину 70-100 см, а влітку повністю висихає, лише частково поповнюючись під час сильних і частих дощів. В протилежному випадку весь цей вологий шар ґрунту просто висушується під час посухи, це явище впливає на водність річок в регіоні.

В праці також описано заплаву лівого берегу Дніпра в межах Полтавської та Катеринославської губерній, яка простягається на 10 верст та складається, переважно, із піщаних порід. В праці обговорено цікавий факт залежності напрямку річкових русел від складу гірських порід через які вони протікають. Наприклад, річки Сула та Псел

паралельно в однакових середніх частинах своєї течії різко змінюють свій напрямок із південно-західного на південний, через те що протікають по твердих гірських породах із вапняку та крейди в яких вони не здатні продовжувати створювати свої русла, а тому змушені відхиляти русла від звичного напрямку [14].

І.Леваківський погоджується із М.Маркевичем у питанні впливу загат на річках, але в остаточному висновку обґрунтовує те, що якщо загати із річок зняти, то це б призвело до ще більшого обміління річок. Надається оцінка умов судноплавства річками Лівобережжя Середнього Дніпра, де зазначається, що жодна річка не придатна для цього. Зазначається також, що на Дніпрі є мілководдя, які загрожують судноплавству. Наприклад, в районі Кременчука глибина мілин складає всього 0,5 сажнів, а в районі Черкас трішки більше 0,7 сажнів. В межах від Кременчука до Катеринослава відзначається значна кількість кам'яних заборів – місць накопичення каменів в долині річки, їх тут нараховується аж 12. Негативним є також для судноплавства період льодоставу, коли плавати неможливо. Період льодоставу зростає в межах Дніпра із півдня (від Херсона) до його верхньої течії (міста Могилів) і його тривалість відрізняється на 36 днів. Період водопілля залежить від кількості снігу та початку інтенсивних весняних опадів і може різнитись, наприклад, на Дніпрі в районі Кременчука від 105 до 315 днів. Описується і рівень підняття води під час водопілля (у порівнянні з меженню). На Дніпрі поблизу Києва ця різниця складає – 2,25 саж., в районі Черкас – 1,58 саж. та в Кременчузі – 2,4 саж. (в період спостереження в 1877-1880-х рр.). В праці подано детальний опис ширини лівих приток Дніпра – Лохвиці, Хоролу, Удаю, Ворскли, Супою, Трубежу та Псла під час водопілля та за звичного водного режиму – табл.6 [13].

Таблиця 6. Ширина річок басейну Середнього Дніпра згідно даних праці «Воды России по отношению к ее населению» Івана Федоровича Леваківського

Назва річки	Звичайна ширина (в сажнях)	Ширина розливу під час водопілля (у верстах)
Лохвиця	2	1,5
Хорол	18	1,75
Удай	18	2,25
Ворскла	18	1,75
Супій	18	1,25
Трубіж	19	1
Псел	30	2

Наприкінці XIX ст. позитивний вплив на розвиток географічної науки і гідрології, зокрема, мали спеціальні наукові експедиції, які комплексно вивчали водні об'єкти. Так, гідролог В. Лохтін був начальником Дніпровської пошукової експедиції (1882 – 1892 рр.), що вивчала гідрологічні та водогосподарські проблеми в басейні Середнього Дніпра [15].

В 1901 році видається дуже інформативна праця про дніпровський басейн «Дніпро і його басейн» Миколи Максимовича. В праці наведено дані про геологічний час утворення долини Дніпра, руйнівну діяльність річки, історичні свідчення про населення, що проживало в його басейні. Досить інформативним є розділ про історичні згадки про Дніпро починаючи від античних часів, з особливостями його гідрографії в ті історичні періоди. В розділі IV «Сучасна гідрографія Дніпра» вчений описує про межі і розміри басейну Дніпра та надає інформацію про басейни його головних приток, зокрема, сучасного лівобережжя Середнього Дніпра. Так відмічається що басейн Трубежу складає 3270 верств², Супою – 2058², Сули – 17312², Псла – 19853², Ворскли – 13763². Ці дані наводить сам автор, хоча паралельно порівнює їх із даними цих басейнів річок по І.Жилінському та А.Тілло. Наводиться детальна інформація про кліматичні особливості Лівобережжя Дніпра від Києва до його чорноморського гирла за період з 1871-1890 рр. Так середні показники кількості атмосферних опадів в даному регіоні складали – 442 мм/рік, найвологішими місяцями були – серпень (115 мм/місяць – 1882 р.), липень (103 мм/місяць – 1888 р.) та грудень (103 мм/місяць – 1878 р.), а найпосушливішими – вересень (2 мм/місяць – 1874 р.) та лютий (3 мм/місяць – 1886 р.). Автор детально описує водний режим Дніпра – весняне

водопілля і його залежність від танення снігу в квітні, літню межінь, що заважає судноплавству так як знижується рівень води в річці, підкреслює значення в період травня і червня ґрунтових вод, так як в даний період всі атмосферні опади йдуть на випаровування. В осінні місяці відбувається збільшення кількості опадів та поступове зростання рівня води у річці, що дозволяє знову займатись в повній мірі судноплавством до початку льодоставу. На думку М. Максимовича весняне водопілля відіграє чи не найголовнішу роль в нормальному функціонуванні басейну Дніпра, так як воно сприяє підвищенню рівня води в річках і так відбувається водообмін річок із сусідніми озерами та болотами, що знаходяться в їхніх заплавах, поширюється намул на територію заплави річки, наповнюються підземні резерви басейну річки, які вона активно буде використовувати у засушливий літній період. Автор відзначає, що якщо відбудеться порушення ходу весняного водопілля то воно одразу порушує звичну картину живлення та водного режиму річок басейну Дніпра, що може призвести до катастрофічних наслідків та навіть пересихання річки влітку. Як доказ тісноти взаємозв'язку між кількістю опадів та випаровуванням М. Максимович надає помісячні дані цих показників в межах міста Києва, які складають за рік наступні показники: випаровування – 449 мм/рік, кількість опадів – 596 мм/рік, що свідчить що випаровується 75% всіх атмосферних опадів, що випадають на даних територіях і лише 25% складає річковий стік [16].

У 1894 – 1898 рр. відбувається експедиція з вивчення гідрологічного режиму річок басейну Дніпра, зокрема, по дослідженню можливості осушення боліт на території Полтавської губернії. Членом даної експедиції був доцент Київського політехнічного інституту Євген Оппоков, який виконував функцію інженера-гідротехніка в ході експедиції, а пізніше став одним з основоположників гідрології в Україні. Експедиція здійснила детальний опис основних річок, і, що особливо важливо, перші інструментальні вимірювання ширини, глибини та витрати води цих річок в різних точках. Гарним результатом всієї експедиції було написання Є.Оппоковим праці «Річкові долини Полтавської губернії» в 1905 році [17]. Експедиція під керівництвом Є.Оппокова зосередила свою увагу на дослідженні річок Лівобережжя Середнього Дніпра, а це річки – Трубіж, Супій, Золотоноша, Карань, Сула, Псел та Ворскла, досліджено було і ліву притоку басейну Нижнього Дніпра – річку Оріль. Найбільш детально було досліджено басейни Сули та Псла, інші басейни річок були досліджено меншою мірою. Велика увага також приділялась і головним притокам цих річок. Так в басейні Сули детальному гідрологічному дослідженню були взяті її притоки – Ромен, Лохвиця, Сулиця, Артополоть, Сліпорід, Оржиця, а особливо детально описано праву притоку Сули – річку Удай із її притокою Перевід. Річки басейну Сули взагалі було поділено на досліджуванні відрізки на яких детально проведено гідрологічні дослідження. В басейні Псла були більш детальніше описано та виокремлено наступні його притоки – Хорол, Ташань, Грунь та Говтву.

В межах дослідження окремо взятих річкових систем і їх частин експедицією Є.Оппокова брались до уваги наступні параметри досліджуваних річкових систем – морфометричні характеристики, характеристики річкового стоку, рівневий режим річок (наводиться каталог нівелірованих відміток реперів за 1893-1901 рр.), а також географічне положення, геологічні особливості, рельєф берегової частини річок та ґрунтово-рослинний покрив. Окремо слід відзначити досить детальний опис господарського використання річок Лівобережжя Середнього Дніпра, зокрема перераховано всі водяні млини на досліджуваних річках у порядку завданої ними шкоди для річкових долин (русел). Робиться згадка, що перші водяні млини на Лівобережжі Середнього Дніпра були побудовані в середині XVII ст (відомо що ще Павло Тетеря в 1656 році мав млин на Попівцях під Переяславом). Обґрунтовуються способи використання рухомої сили річок Лівобережжя Середнього Дніпра на територіях із недостатньою та надмірною заболоченістю.

В праці «Річкові долини Полтавської губернії» Є.Оппоков надає свої погляди на формування долин лівих приток Середнього Дніпра. Перше, що порушує звичні закономірності, є непропорційно широкі другі надзаплавні тераси річок Ворскли та Псла, що не відповідають тим руслам, якими річки течуть в період початку XX століття. Аналогічні особливості підмічено і у рельєфі берегової частини річок Удаю та Хоролу. Всі річки регіону мають широкі річкові долини. Є.Оппоков пов'язує формуванням цих річкових

долин із діяльністю Дніпровського зледеніння і подальшою діяльністю флювіо-гляціальних водних потоків під час танення льодовика. Льодовик завдяки боковій та донній екзарцації розширив долини лівих приток Середнього Дніпра та і саме русло Дніпра в даній частині, а талі водно-льодовикові води також розширили ті частини річкових долин, який льодовик безпосередньо не досяг. Подальша водна денудація та акумуляція накопичила значну кількість уламкового і осадового матеріалу в долинах цих рік. Таким чином, глибокі та широкі долини рр. Ворскли, Псла, Сули, які сформувались під дією льодовика, в подальшому були заповнені осадовими породами, а тому на даний час є досить не глибокими, але зберігають велику ширину між своїми другими надзаплавними терасами, що аналогічно співпадає із другою надзапавною терасою самого Дніпра. Водність річок також в роки відступу льодовика була досить значною завдяки флювіо-гляціальним потокам. Є.Оппоків також допускає, що одразу в період відступу льодовика кількість опадів в досліджуваному районі було значною, а випаровування та витрати на підземний стік незначні, бо останньому могла заважати багаторічна мерзлота, що існувала в товщі ґрунту. Але зрозуміло, що із його відступом об'єм стоку зменшився, тому що водно-льодовикові потоки поступово зникли, багаторічна мерзлота розтанула, зросли витрати поверхневого стоку на його поглинання підземними водами. Процес денудації уповільнювався і стали переважати процеси акумуляції, а глибина річкових долин зменшилась. Підтвердженням даної гіпотези є факт наявності морени під товщею осадових порід.

Ця гіпотеза в даному контексті, є досить актуально і співставляється із озерною теорією формування русел В. Докучаєва, яку він обґрунтував у праці «Утворення річкових долин Європейської Росії», де він вбачає формування в післяльодовиковий період в долинах сучасних річок Середнього Дніпра окремих озерних систем, які з часом об'єдналися в єдину річкову систему.

Також в книзі «Річкові долини Полтавської губернії» Є.Оппоків активно досліджує умови залягання підземних вод в Полтавській губернії на основі даних про рівень води в 625 криницях. Автор відображає їх географічну закономірність – глибина залягання підземних вод збільшується із північного заходу на південний схід та схід Полтавської губернії, це пов'язується із розчленуванням рельєфу та геологічною структурою осадових порід, які сформувались в льодовикову епоху на північному заході в основному лесовидні суглинки та піски, а на південному сході здебільшого леси. Є.Оппоків обґрунтовує взаємозалежність між зниженням рівнів підземних (ґрунтових) вод із зменшенням, відповідно, поверхневого стоку річок [17].

Перші гідрологічні спостереження на головних лівих притоках Середнього Дніпра розпочинаються в 1908 р. на річці Псел в м. Суми. Даний водомірний пост рейкового типу використовувався для визначення максимальних рівнів повені із квітня по травень. Отримані дані використовували фахівці Південної залізниці Російської імперії, які остерігались ризику прориву загати водяного млину за 6 км вище по течії річки, що слугувало небезпекою підмиванню та можливої руйнації залізничного мосту. Даний гідропост в м. Суми функціонує і сьогодні [19].

В 1911 р. на території Київського річкового вокзалу був встановлений перший лімніграф. В будці лімніграфа містилися такі прилади: лімніграф Рорданця, термограф і барограф Рішара, плювіограф Гельмана і два термометри [5].

В 1913 році П.Маштаков видає в Санкт-Петербурзі свій каталог річок Дніпровського басейну під назвою «Список рек Днепровского бассейна. С картой и алфавитным указателем» [18]. В даному каталозі виокремлено 9 значних басейнів Лівобережжя Середнього Дніпра та інші незначні його ліві притоки, де перераховано 569 річок в межах досліджуваного району (не враховуючи рукави Дніпра та відповідних лівих приток). Можемо побачити, що найбільша кількість річок розміщується в суббасейнах Псла, Ворскли та Сули. Автор перераховує навіть невеликі річки притоки Дніпра IV-V порядку. Свій каталог П.Маштаков сформував на основі картографічних творів XVIII-XX століть. В каталозі йде градація річок за порядком їх впадіння в Дніпро. Автором також складена узагальнена карта басейну Дніпра, де в межах Лівобережжя Середнього Дніпра позначено 124 річки. Більш детальну інформацію про кількість і порядок лівих приток Середнього Дніпра, можемо переглянути у табл.7

Таблиця 7. Річкова мережа лівих приток Середнього Дніпра згідно каталогу річок П.Маштакова «Список рек Днепровского бассейна. С картой и алфавитным указателем», 1913 р.

Назва басейну	Притоки II порядку	Притоки III порядку	Притоки IV-V порядку	Загалом
Басейн Трубежу	18	7		25
Басейн Супою	5			5
Басейн Сули	51	55	27	133
Басейн Псла	83	119	42	244
Басейн Ворскли	53	32	48	133
Басейн Ковраю	1			1
Басейн Золотоноші	2			2
Басейн Ірклею	2	1		3
Басейн Кагамлику	2			2
Інші басейни	16	5		21
Загалом	233	219	117	569

В 1910-х роках розпочинається перший етап розширення мережі водомірних постів на лівих притоках Середнього Дніпра. Відкриваються пости на річках Трубіж, Супій та Сула з їх притоками. Причиною такого масового сплеску будівництва гідропостів на лівих притоках Середнього Дніпра в період 1910-1930-тих років можна пояснити потребою у даних для оцінки водних ресурсів території на запиту водного господарства, залізничного транспорту, сільського господарства. В 1910 - 1930-х рр. проводились гідрологічні, гідрогеологічні та ґрунтові дослідження, гідрометричні спостереження, топографічне знімання із технічним нівелюванням із метою осушення русел і регулювання річок Трубіж, Мерло, Сула, Ромен, Удай та ін. В 1930-х рр. здійснювався процес рекогносцирування території для визначення судноплавних умов на річках Сула, Псел, Ворскла. В 1920-1930-х рр. відбувається видання комплексних гідрологічних та фізико-географічних праць про річки регіону за авторства - Огієвського А.В., Оппокова Є.В. та ін. Наприкінці 1930-х та на початку 1940-х рр. створюються детальні топографічні карти з гідрографічною сіткою регіону дослідження.

В 1913 році у межах басейну Трубежу починає працювати перший постійний гідропост, який було споруджено в с. Гланишев. Згодом в 1915 році відкрито ще три гідропости в межах сіл – Гостролуччя та Пасешна та біля мосту в м. Переяслав-Хмельницький. Всі вище перераховані гідропости були закриті в 1925 році. Паралельно з цим відкрито гідропост в м. Переяслав-Хмельницький (на 0,6 км вище попереднього, поблизу мосту). В 1930 році відкрито гідропост на лівій притоці Трубежу – річці Недрі в районі м. Березань та на р. Карань в с. Карань. Загалом працювало 7 гідропостів між 1913 та 1930 рр. в басейні Трубежу – табл.8 [19-20].

Таблиця 8. Перелік існуючих гідропостів на р. Трубіж із 1913 по 1930 рр.

Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Трубіж	с. Гостролуччя	1915	1925
	с. Пасешна	1915	1925
	с. Гланишев	1913	1925
	м.Переяслав-Хмельницький	1915	1925
	м.Переяслав-Хмельницький (на 0,6 км вище попереднього поблизу мосту)	1925	1943
Недра	м. Березань	1930	*1964
Карань	с.Карань	1930	1938

Примітка: * діючі на 1964 рік

На річці Супій перші гідроспостереження датуються 1913 роком коли біля с. Ташань запрацювали перші 2 гідропости (верхній б'єф та нижній б'єф) та ще 2 гідропости поблизу

сіл – Чепилки та Богдани. В 1914 році біля с. Лесняки запрацювали ще 2 гідропости (верхній б'єф та нижній б'єф), 1 гідропост в с. Дениси та ще 1 гідропост в с. Глемязів. В 1916 році відкривається ще 2 гідропости в басейні Супою в с. Плешкани та с. Нова Гребля. На 1924 рік із 10 гідропостів закривається 8. А в 1927 році відкривається на той час 3 діючий гідропост в с. Піщаному. Між 1913 та 1927 рр. в басейні Супою існувало 11 гідропостів – табл.9 [19-20].

Таблиця 9. Перелік існуючих гідропостів на р. Супій із 1913 по 1927 рр.

Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Супій	с. Ташань (верхній б'єф)	1913	1924
	с. Ташань (нижній б'єф)	1913	1924
	с. Чепилки	1913	1924
	с. Богдани	1913	1924
	с. Лесняки (верхній б'єф)	1914	1924
	с. Лесняки (нижній б'єф)	1914	1924
	с. Дениси	1914	1922
	с. Глемязів	1913	1924
	с. Плешкани	1916	1924
	с. Нова Гребля	1916	1928
	с. Піщане	1927	*1964

Примітка: * діючі на 1964 рік

В басейні Сули перші гідропости з'являються в 1913 році в межах м. Оржиця на однойменній річці. В 1914 році з'являються перші гідропости на самій Сулі – на хуторі Тарасівка, два в м. Горошині, с. Воїньська Гребля та м. Лубни. В цей же рік в басейні р. Оржиці відкривається гідропост в с. Савинці. В 1915 році з'являються два гідропости на Сулі в межах сіл - Малярівка та Березоточа, споруджуються пости і на ключових притоках Сули: на р. Ромен в селах – Ведмеже та Процівка, на р. Удай в с. Тишки та на р. Оржиці в м. Яблуневе. Масове спорудження гідропостів в басейні р. Сули розпочалось в період між 1925 – 1927 рр. коли відкривається 7 гідропостів: 4 гідропости за течією самої Сули, 1 – на Удаю (м. Прилуки) та 2 гідропости на р. Оржиця (с. Овсюки та с. Остапівка). Останнє масове відкриття гідропостів в басейні р. Сули в довоєнний час припало на 1929 р. коли було споруджено 2 гідропости на р. Перевід (с. Гречана Гребля та с. Сасинівка) та 1 гідропост на р. Удай в с. Лука. Загалом між 1913 та 1929 рр. існувало 24 гідропости в басейні Сули. Детальну інформацію представлено в – табл.10.

Таблиця 10. Перелік існуючих гідропостів на р. Сула із 1913 по 1929 рр.

Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Сула	м. Ромни	1925	*1964
	с. Будава	1927	1929
	м. Снятин	1927	*1964
	с. Березоточа	1915	1923
	м. Лубни	1914	*1964
	с. Лукім'я	1916	1924
	х. Тарасівка	1914	1924
	м. Горошин (верхній пост)	1914	1924
	м. Горошин (нижній пост)	1914	1916
	с. Галицьке	1926	1959
	с. Малярівка	1915	1936
	с. Воїньська Гребля	1914	1915
Ромен	с. Ведмеже	1915	1924
	с. Процівка	1915	1925
Удай	м. Прилуки	1925	*1964
	с. Тишки	1915	1957
	с. Лука	1929	1936

Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Перевід	с. Гречана Гребля	1929	1937
	с. Сасинівка	1929	*1964
Оржиця	с. Овсюки	1927	1937
	м. Яблуневе	1915	1924
	с. Савинці	1914	1924
	с. Остапівка	1927	*1964
	м. Оржиця	1913	1924

Примітка: * діючі на 1964 рік

На Пслі перший діючий гідропост з'явився в 1908 році в межах м. Суми. Значна кількість гідропостів в межах р. Псел з'являється в 1914 році, а саме 6 в межах сіл – Бирилівка, Низи (2 гідропости – верхній та нижній б'єф), Бишкін, Перевіз та поблизу м. Гадяч. В 1914 році відкриваються гідропости і на притоках Псла – на р. Хорол 2 гідропости в м. Миргород та с. Федорівка, на р. Лютенька гідропост в с. Лютенька та 1 гідропост на струмку Болітце в с. Лютенька.

Наступний етап розширення системи гідроспостережень в басейні річки Псел охоплює 1919-1920 рр. В цей час будуються гідропости на Пслі в с. Білоцерківка (1919 р.), с. Яреськи (вище залізничного мосту), с. Багачка – 2 гідропости (верхній та нижній б'єф), а на р. Хорол відкривається новий гідропост в м. Миргород (1919 р.).

Інші гідропости в басейні Псла відкрито в 1920-х рр. в с. Яреськи поблизу залізничного мосту в 1924 р, на х. Короленків, в с. Крупець (1927 р.), в с. Запсілля (1927 р.) на р. Псел, а також на р. Суджа біля слобідки Замостя (1929 р.). Загалом між 1908 та 1929 рр. існував 21 гідропост в басейні Псла – табл.11 [19-20].

Таблиця 11. Перелік існуючих гідропостів на р. Псел із 1908 по 1929 рр.

Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Псел	м. Суми	1908	*1964
	с. Бирилівка	1914	1917
	с. Низи (верхній б'єф)	1914	1918
	с. Низи (нижній б'єф)	1914	1918
	с. Бишкін	1914	1925
	с. Перевіз	1914	1924
	м. Гадяч	1914	*1964
	с. Білоцерківка	1919	1924
	с. Яреськи (вище 3 км залізничного мосту)	1920	1924
	с. Багачка (верхній б'єф)	1920	1924
	с. Багачка (нижній б'єф)	1920	1924
	с. Яреськи (поблизу залізничного мосту)	1924	1943
	х. Короленків	1925	1928
	с. Крупець	1927	*1964
	с. Запсілля	1927	*1964
Хорол	м. Миргород	1914	1920
	м. Миргород	1919	*1964
	с. Федорівка	1914	1943
Суджа	слобідка Замостя	1929	*1964
Лютенька	м. Лютенька	1914	1924
струмок Болітце	м. Лютенька	1914	1924

Примітка: * діючі на 1964 рік

В басейні Ворскли перші гідропости з'являються в 1914 році в м. Полтави та селах – Козинка та Кириківка на р. Ворскла та на р. Мерло в межах м. Богодухів, сіл Любівка та Бригадирівка. Наступне збільшення кількості гідропостів на р. Ворсклі датується 1915-1919 рр. – вони з'являються в с. Клімівка (1918 р.), с. Нижні Млини, верхній та нижній

б'єфи (обидва в 1919 р.), та на р. Мерло в м. Богодухів (2 гідропости – 1915 р.), с. Любівка (1915 р.), м. Краснокутськ (1916 р.), с. Крючик верхній та нижній б'єфи (обидва в 1919 р.). Значна кількість гідропостів в басейні Ворскли з'явилася в 1920-х рр.: в 1923 р. – на р. Ворскла відкриваються оновлені гідропости в Нижніх Млинах, а на р. Мерло – в м. Краснокутськ, оновлюється гідропост в м. Богодухів та на р. Мерчик – в с. Мурафа; в 1925 р. – на р. Ворскла – с. Кишеньки; в 1927 р. – на р. Ворскла – с. Сокілки. Останній довоєнний етап розширення мережі гідропостів припав на 1930 р.: відкрито гідропости – на р. Ворскла – в с. Куземин, с. Чернеччина, с. Кириківка та с. Вільне, на р. Мерло – в с. Мар'їнське та м. Богодухів, на р. Ворсклиця – в с. Березівка. Загалом із 1914 по 1930 рр. в басейні р. Ворскли діяло 27 гідропостів – табл.12 [19-20].

Таблиця 12. Перелік існуючих гідропостів на р. Ворскла із 1914 по 1930 рр.

Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Ворскла	м. Полтава	1914	1927/ відновив роботу в 1930*
	с. Козинка	1914	1918/ поновив роботу *1964
	с. Кириківка	1914	1918
	с. Климівка	1918	1925
	с. Нижні Млини (верхній б'єф)	1919	1923
	с. Нижні Млини (нижній б'єф)	1919	1923
	с. Нижні Млини (верхній б'єф)	1923	1928/* інші дані 1938
	с. Нижні Млини (нижній б'єф)	1923	1928/* інші дані 1938
	с. Кишеньки	1925	1928
	с. Сокілки	1927	*1964
	с. Куземин	1930	1937
	с. Чернеччина	1927	*1964
	с. Кириківка	1930	1937
	с. Вільне	1930	1941
Мерло	м. Богодухів	1914	1915
	с. Любівка	1914	1915
	с. Бригадирівка	1914	1918
	м. Богодухів	1923	1924
	с. Любівка	1915	1916
	м. Краснокутськ	1916	1918
	с. Крючик (верхній б'єф)	1919	1924
	с. Крючик (нижній б'єф)	1919	1924
	м. Краснокутськ	1923	1956
	с. Мар'їнське	1930	1936
	м. Богодухів	1930	*1964
Ворсклиця	с. Березівка	1930	*1964
Мерчик	с. Мурафа	1923	1924

Примітка: * діючі на 1964 рік

В період 1914-1915 рр. відбуваються дослідження русла Сули Полтавським Губземом, її топографічна зйомка із технічним нівелюванням з метою регулювання річки та осушення боліт в її долині.

В 1914 р. Київським округом шляхів сполучення було зроблене комплексне дослідження річки Псел.

Загалом на початку ХХ ст. в межах лівих приток Середнього Дніпра владою Російської імперії проводились розрізнені дослідження річок на прохання організацій водного господарства, залізничного транспорту та сільського господарства [13].

Саме в 1920-1930 рр. активно досліджують ліві притоки Дніпра відомі гідрологи початку ХХ ст. Огієвський А.В., який видає низку праць, що стосуються даної тематики, а

саме: «Передбачення висот рівнів рік в межах України» 1930 р., «Режим стоку Верхнього і Середнього Дніпра (за період спостережень до 1929-1930 рр.)» 1932 р., «Про обчислення літнього стоку заболочених річок» 1935 р., де звернув увагу на басейн р. Сули, «До характеристики кліматичних елементів басейнів р. Дніпра» 1936 р. та його вчитель Оппоков Є.В. «Водні багатства України» 1925 р., де описує витрати, ухили і гідрографію річок України в тому числі р. Ворскли. Заслуговує на увагу також дослідження про водяну рослинність річок Псел, Сула та Удай авторів Підоплічка О. П. та Макаревич М.Ф. яку вони описали в праці «Про водяну рослинність деяких річок УРСР» 1937 р. [13].

В 1920-х рр. по ініціативі Всеросійського центрального виконавчого комітету приймається рішення про утворення Державної комісії по електрифікації Росії. Дана комісія в 1920-1929 рр. виконала низку досліджень річок колишнього Радянського Союзу, зокрема активно досліджувався басейн річки Дніпро та його притоки. Саме в цей час в межах досліджуваного району активну роботу продила організація Укрмеліолісторфсоюз та його регіональні відділення у Києві, Харкові, Лубнах та Ромнах.

Так, в 1925-1931 рр. Укрмеліолісторфсоюз і Київський окружний земельний відділ провів комплексні дослідження і топографічну зйомку із технічним нівелюванням із метою осушення русла і регулювання річки Трубіж.

В 1925-1926 рр. проведено топографічну зйомку та комплексні дослідження Харківським окружним земельним відділом з метою осушення боліт та подальшою меліорацією сусідніх земельних ділянок в межах долини річки Мерло.

В 1926-1927 рр. була зроблена топографічна зйомка, гідрологічні, геологічні дослідження, гідрометричні спостереження Укрмеліолісторфсоюзом з метою регулювання річки Сули для організації судноплавства і осушення боліт в її долині. В цей період також проводилась топографічна зйомка, гідрологічні, геологічні, геоботанічні дослідження, з метою проектування осушувальної системи і регулювання ключових приток Сули - річок Ромен та Сліпорід. А в 1927-1929 рр. – топографічна зйомка, з нівелюванням болота «Удай», з метою проектування осушувальної системи і регулювання знову ключових річок басейну Сули - Удаю, Переводу, Оржиці та Чумгаку. Пошук торф'яників в долині річки Удай. За 1930 р. Укрмеліолісторфсоюзом здійснена топографічна зйомка річки Терн із технічним нівелюванням із метою регулювання річки та осушення боліт в її долині. В 1932 р. робиться детальна зйомка і комплексні дослідження, буріння і зондування боліт з метою їх осушення на річці Ромен. В 1933-1939 рр. здійснювалася руслова зйомка для покращення судноплавних умов на річці Сула.

В 1927 – 1933 рр. здійснювалася топографічна зйомка із технічним нівелюванням Лубенським і Роменським ОЗО із метою використання енергії, регулювання, судноплавства, проектування мостів та осушення боліт річки Псел. В 1931-1932 рр. відбувається дослідження приток Псла, зокрема, р. Олешня з метою проектування рибних ставків.

В 1930 р. проводилась топографічна зйомка із технічним нівелюванням, геологічні, ґрунтові і гідрологічні дослідження річки Ворскли із метою зрошення земельних ділянок і будівництва Полтавської ГЕС. Паралельно в басейні Ворскли відбуваються дослідження заболочених ділянок в басейнах рр. Дернова та Олешня з метою осушення та використання запасів торфу, а на річці Мерчик відбуваються комплексні дослідження річки з метою проектування ставкового рибного господарства. Всі проекти очолювала і досліджувала організація Укрмеліолісторфсоюз [13].

В 1926-1936 рр. вже діяла мережа із 5 гідропостів в межах долини Сули. В 1936 р. діяли гідропости і на притоках Сули – Удаї (в м. Прилуки та с.Піски), Сліпороді (с. Олександрівка), Терні (с. Будки), Ромені (с.Процівка), Сулицяс. Ждани), Руда (с. Сасинівка), струмок Терни (с. Терни). В 1938 році будується новий гідропост на притоці Сули – р. Сліпорід в с. Олександрівці. В 1928-1938 рр. діяла мережа із 4 гідропостів на Пслі (в 1951 році розпочне роботу 5 гідропост у м.Обоянь) та гідропости на її притоках - р. Пена (сл. Пени в 1932 р.), р. Локня (с. Козача Локня в 1932 р.), р. Грунь-Ташань (с. Романівка в 1933 р.), р. Хорол (с. Петрівка-Роменська в 1932 р.) та на р. Говтві (с. Михнівка 1933 р.). В 1928-1931 рр. вже діяло 3 гідропости в басейні Ворскли (2 на Ворсклі та 1 на Ворсклиці). В 1933 р. на лівій притоці Ворскли – р. Коломаку споруджено гідропост в с. Ковалівка.

Тобто констатуємо факт проте що перші постійні спостереження на ключових лівих притоках Середнього Дніпра розпочинаються ще в довоєнний період і активно відбуваються в 1920-1930-х рр. [20].

В липні 1930 року створюється перший в Україні Науково-дослідний гідрометеорологічний інститут (ГІМЕІН) під керівництвом В.А. Назарова. ГІМЕІН здійснив ряд експедиційних досліджень в басейні Дніпра, а його гідрологічні описи і наукові дані були використані проектно-будівельними організаціями при впровадженні проектів у сфері народного господарства. Зокрема, в 1932 – 1935 рр. відбувається комплексне дослідження р. Ворскли з метою побудови ГЕС, робляться проміри глибин з метою покращення судноплавних умов. А в 1935-1939 рр. відбувається дослідження р. Псел для потреб судноплавства, побудови гідроустановок та її транспортного використання [13].

В роки Другої світової війни особливо велику цінність з огляду дослідження гідрографічної сітки Лівобережжя Середнього Дніпра мають карти Генерального штабу Червоної Армії 1936-1942 рр. виконані в масштабі в 1 см – 500 м та карти німецької армії 1938-1943 рр. також виконані в масштабі в 1 см – 500 м. Дані карти можна використовувати для репрезентації гідрографічної мережі в першій половині ХХ століття. Вони є досить детальними і наочними, зображують найдрібніші об'єкти гідрографічної мережі – річок, приток Дніпра, IV та V порядків, дрібних озер та боліт. Гідрографічну мережу другої половини ХХ століття досить детально зображено на топографічних картах Генерального штабу РСЧА за 1954-1977 рр., вони виконані в масштабі в 1 см – 500 м [21-22].

Період комплексних досліджень лівих приток Середнього Дніпра охоплює часовий відрізок із 1943 по 2022 рр. В даному періоді можемо виокремити ключові етапи. Зокрема, у 1943 – 1965 рр. розпочинається етап найбільшої «другої хвилі» розширення гідромережі, в тому числі на малих річках – Коломак, Тагамлик, Лозова, Недра, Золотоноша, Грунь, Говтва, Сліпорід, Перевід, Оржиця тощо. Велика робота була зроблена Гідрометеорологічною службою УРСР та Центрально-чорноземних областей РРФСР по складанню гідрологічних описів річок Лівобережжя Середнього Дніпра в період із 1949 по 1960 рр. В 1950 – 1970 рр. тривала нова хвиля масової каталогізації річок регіону. На 1970 – 1990 рр. припав етап видання гідрологічних та фізико-географічних праць про річки Лівобережжя Середнього Дніпра. В 1990 – 2022 рр. тривають два паралельних етапи дослідження лівих приток басейну Середнього Дніпра - етап «згорання» системи гідропостів та «екологічний» етап дослідження річок за напрямками: забруднення вод, господарського використання, глобальної зміни клімату, тощо. На межі ХХ та ХХІ ст. активними центрами досліджень річок Лівобережжя Середнього Дніпра стали Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Український гідрометеорологічний інститут, Інститут водних проблем і меліорації НААН, Національний університет водного господарства та природокористування та Полтавський обласний центр з гідрометеорології (Полтавський ЦГМ).

Після визволення території Радянського Союзу від нацистського режиму активізувався процес відкриття нових гідропостів: в 1943 р. на р. Псел відкрито гідропост в с.Обоянь, на р. Охтирка в басейні Ворскли (м. Охтирка), в 1944-1945 рр. на р. Многа (с. Загребельне та с. Луговики), на Ворсклі (ст. Новоборисівка), р. Тагамлик (притока Ворскли в с. Селещина), на притоці Трубежу – Недрі (1945 р. в смт Березань), р. Золотоноші (1945 р. в м. Золотоноша), притоці Псла - Грунь (1945 р. в с. Римарівки), р. Лозова (притока Ворскли в с. Сотницький Козачок), р. Ворсклиця (с. Мокра Орлівка), на Трубежі в 1946 році у смт Баришівка, на Пслі в с. Потоки, на Ворсклі (ст. Бакирівка та ст. Лещинівка), в 1947 р. – на Ворсклі (с. Хотмижськ та ст. Крутий Берег поблизу м. Полтави), а на Ворсклі в межах м. Полтави – в 1949 році. Проте на більшості малих річках цей процес розпочався в 1950-х рр. так як вони були менш важливими з погляду господарства та військового значення – на притоках Сули, Псла та Ворскли – в 1951 р. – р. Мерло (м. Богодухів), р. Коломак (с. Ковалівка), р. Лозова (с. Сотницький Козачок), р. Суджа (сл. Замостя), в 1952 р. – р. Говтва (с. Михнівка), в 1953 р. – річки Удай (с. Курінька), Многа (с. Вороньки), в 1954 р. – річки Сліпорід (с. Олександрівка), Оржиця (с. Остапівка), р. Ворскла (с. Чернеччина), Крива Руда (с. Святилівка), в 1955 р. - річки Кропивна (с. Кропивне), Ірклій (с. Іркліїв та с.

Скородистик), Омельник (притока Псла, в с. Мости), в 1956 р. – річки Ромен (с. Процівка), Перевід (с. Сасинівка), Псел (с. Федоренки), Ворсклиця (с. Мокра Орлівка), Сухий Кагамлик (сmt Велика Коханівка), р. Пена (слобідка Пени), на Ворсклі (с. Горішнє та с. Кишеньки), 1958 р. – р.Хорол (оновлений гідропост в с. Петрівка-Роменська), а 1959 р. – на р. Ворскла (сmt Яковлево). Найактивніша стадія створення стаціонарних гідропостів на лівих притоках Середнього Дніпра розпочинається в 1950-х рр. [20].

Після визволення України від нацистської окупації, розпочався новий етап в експедиційних дослідженнях річок басейну Дніпра. Ці експедиції проводились великою кількістю проектних організацій та були пов'язані із проектуванням ставків, каскадів ГЕС та транспортним освоєнням приток Дніпра.

Так зокрема в 1949-1954 рр. відбуваються комплексні дослідження річки Псел організацією Укргіпросільелектро з метою побудови ряду малих ГЕС, а саме – Михайлівської та Велико-Багачанської. В 1954 р. Укргіпросільелектро здійснює комплексне дослідження річки Ворскли з метою побудови Нижньомлинівського гідровузла.

В 1949 Укргіпроводбавовна здійснює дослідження річки Супій з метою комплексного використання водних ресурсів, а вже в 1951-1952 рр. – здійснює топографічну зйомку і геологічні дослідження русла даної річки.

В 1954-1955 рр. – здійснюється комплексне дослідження Укрдгіпроводгоспом із метою осушення русел рр. Трубіж, Недра та Карань. В 1956 р. відбувається комплексне дослідження р Оржиця Укрдгіпроводгоспом із метою зрошення, а в 1960 р. проводиться топографічна зйомка річки Устя (Лигань) в басейні Псла з метою осушення заплави річки.

Велика робота була зроблена Гідрометеорологічною службою УРСР та Центрально-чорноземних областей РРФСР по складанню гідрологічних описів річок Лівобережжя Середнього Дніпра в період із 1949 по 1960 рр.

В 1949 р. УГМС ЦЧО провело гідрографічні дослідження річки Пена (басейн Псла), в 1950 р. – проведені гідрографічні дослідження рр. Бобрава, Ільок, Суджа (басейн Псла), а також - дослідження річки Ворсклиця (басейн Ворскли). В 1950 р. УГМС УРСР проводить гідрографічні дослідження річки Сула по програмі ГУГМС. В 1951-1952 рр. – здійснено гідрографічні дослідження річки Псла та Хоролу по програмі ГУГМС, виконане УГМС ЦЧО. А для УГМС УРСР 1951-1953 рр. стають найбільш продуктивними. В цей час проводяться гідрологічні дослідження рр.: Псла, Хоролу (1951-1952 рр.), Ромену, Удаю, Оржиці, Трубежу, Недри, Супою (1952 р.), Ворскли, Мерло та Коломаку (1952-1953 рр.). Завершуються гідрологічні дослідження лівих приток Середнього Дніпра по програмі ГУГМС в 1960 р. - дослідженням рр. Суха Лохвиця та Многа в басейні Сули.

Гідрографічні дослідження включали детальний опис досліджуваних річок та їхніх приток. Кожна річка мала свій шифр, в описі наводились дані про місце витoku та гирла з їх точними координатами, вказувалась загальна довжина, площа водозбору, перелік основних приток із вказівкою із якого берегу впадає, місце впадіння та їх загальні довжини. В межах кожного опису робився схематичний повздовжній профіль та графік наростання площі басейну річки. Після цього надавалась загальна характеристика умов формування стоку річки, її гідрологічного режиму та детальний опис річки по її окремо досліджуваних ділянках. Всі отримані матеріали в ході гідрологічних досліджень лівих приток Середнього Дніпра увійшли до праці «Матеріали по гідрографії СРСР» серія «Ріки» та були надруковані під редакцією А.П. Доманицького в томі 2 «Басейн Чорного та Азовського морів (без Кавказу)» у випуску 5 «Басейн р. Дніпро нижче гирла р. Десна» в 1954 р. [13].

Загалом на середину ХХ століття активно досліджували особливості річок Лівобережжя Дніпра – Огієвський А.В., Дрозд Н.І., Швець Г.І. та Чіппінг Г.А. «Матеріали по типізації річок Української РСР» 1953 р., де надаються гідрографічні характеристики річок України в тому числі досліджуваних річок – лівих приток Середнього Дніпра; Бидін Ф.І. «Побудова гідрографів стоку води при відсутності деяких спостережень» 1954 р. на прикладі річки Ворскли; Воскресенський К.П. «Стік річок і тимчасових водотоків на території лісостепової і степової зон Європейської частини СРСР» 1951 р., де детально описано досліджуваний регіон в тому числі і лівих приток Середнього Дніпра; Железняк І.А. «Графіки надходження весняних водопіль на річках УРСР» 1955 р., де він робить акцент даних гідрологічних явищ на прикладі р. Хорол; Семенов К.С., Пшеничний Н.І. «Заплава річки Трубіж і її освоєння» 1956 р., де автори надають гідрографічну

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)

характеристику р. Трубіж; Борсук О.Н. «Штучна зарегульованість стоку малих річок Європейської частини СРСР» 1957 р., де значна увага приділялась річкам Сула, Псел та Ворскла; Романенко В.А. «Прогноз дат початку максимальних весняних рівнів на річках Середнього і Нижнього Дніпра» 1957 р., де робляться прогнози і для річок Лівобережжя Середнього Дніпра – Сули, Псла, Ворскли; Крижанівська А.Б., Довга Н.І. «Залежності для прогнозів весняного стоку річок України» 1960 р., де беруться до уваги наведені особливості річок Сула, Псел та Ворскла. Цікавою працею є також книга Швеця Г.І. «Водність Дніпра» 1960 р., де розглянуто водність Дніпра з часів неоліту до середини ХХ ст. [13].

В 1957 році під редакцією Швеця Г.І., Дрозда Н. І., Левченка С. П. видається «Каталог річок України». Каталог включає річки, розташовані на території УРСР. В межах Лівобережжя Середнього Дніпра автори виділяють та перераховують 216 річок довжиною понад 10 км в межах досліджуваних суббасейнів. Знову відмічаємо найбільшу кількість приток в межах річок Сули, Псла та Ворскли. Автори «Каталогу річок України» надають інформацію про кожен річку, а саме її довжину, похил, площу басейну, відстань від гирла основної річки до місця впадіння, місце впадіння, права чи ліва притока. Якщо порівняти «Каталог річок України» під редакцією Швеця Г.І., Дрозда Н. І., Левченка С. П. із каталогом річок Дніпровського басейну П.Маштакова «Список рек Днепровского бассейна. С картой и алфавитным указателем» за 1913 р., можна побачити, що 353 річки Лівобережжя Середнього Дніпра мають довжину менше 10 км – табл.13 [23].

Таблиця 13. Річкова мережа лівих приток Середнього Дніпра згідно каталогу річок «Каталог річок України» під редакцією Швеця Г.І., Дрозда Н. І., Левченка С. П. за 1957 р.

Назва басейну Середнього Дніпра	Кількість річок в межах кожного суббасейну
Басейн Трубежу	12
Басейн Супою	4
Басейн Сули	73
Басейн Псла	60
Басейн Ворскли	58
Басейн Ковраю	1
Басейн Золотоноші	3
Басейн Ірклею	1
Басейн Кагамлику	1
Інші басейни	3
Загалом	216

В 1959 році відкриваються гідропости на Трубежі в с. Заворичі та с. Гайшин, обидва були у віданні УГМС УРСР. Діючими, окрім даних гідропостів, на 1964 р. залишались також пости в смт Баришівці та смт Березань на р.Недрі.

На р.Супій в даний час діяв лише один гідропост в с. Піщаному. На дрібних лівих притоках Середнього Дніпра, таких як Кропивна та Ірклій, гідропости були ліквідовані в 1956 р. і лише на р. Золотоноша залишився діючий пост – табл.14 [20].

Таблиця 14. Перелік існуючих гідропостів на рр. Золотоноша, Кропивна та Ірклій із 1944 по 1964 рр.

Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Золотоноша	м. Золотоноша	1944	*1964
Кропивна	с. Кропивне	1954	1956
Ірклій	с. Іркліїв	1954	1956
	с. Скородинськ	1954	1954

Примітка: * діючі на 1964 рік

В басейні Сули на 1964 р. продовжували свою роботу гідропости на р. Сулі в с. Зеленківка (відкритий 1931 р.), м. Ромни, с. Снятин, м. Лубни, а також на її притоках р. Терн в с. Будки, на р. Ромен в с. Процівка, на р. Удай в м. Прилуки, на р. Перевід в с.

Сасинівка, на р.Многа в с.Вороньки, на р.Сліпорід в Олександрівці та на р. Оржиця в с.Остапівка.

В 1956 році закривається єдиний гідропост в с. Святилівка на р. Крива Руда, а в 1957 році ліквідовано єдиний гідропост на р. Кагамлик у смт. Велика Коханівка.

В басейні Псла залишились діючими на 1964 р. наступні гідропости: в с. Обоянь, с. Крупець, м. Суми, м. Гадяч, с. Запсілля, с. Федоренки, с. Потоки, на притоках Псла – р. Пена (сл. Пени), р. Суджа (сл. Замостя), р. Грунь (с. Римарівка), р. Хорол (с. Петрівка-Роменська та м. Миргород) та на р. Говтві (с. Михнівка).

В басейні Ворскли на 1964 р. гідропости діяли на р. Ворскла – смт. Яковлево, с. Козинка, ст. Бакирівка, с. Чернеччина, ст. Крутий берег, м. Полтава, ст. Лещинівка, с. Сокілки, на р. Ворсклиці – в с. Мокра Орлівка та с. Березівка та на р. Мерло в м. Богодухові [20].

У 1984 р. діючі гідропости в розрізі басейнів лівих приток Середнього Дніпра мали наступний вигляд, що подано в – табл.15 [24]:

Таблиця 15. Перелік існуючих гідропостів на річках лівобережної частини Середнього Дніпра станом на 1984 р.

Басейн річки	Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування	Рік закриття
Трубіж	Трубіж	с. Заворичі	1959	*1984
		с. Русанів	1963	*1984
		смт.Баришівка	1945	*1984
		м. Переяслав-Хмельницький	1925	*1984
	Ільта	с. Селичівка	1963	*1984
	Недра	м. Березань	1930	*1984
	Броварка	с. Мар'янівка	1972	*1984
Супій	Супій	с. Піщане	1927	*1984
Золотоношка	Золотоношка	м. Золотоноша	1944	*1984
Сула	Сула	с. Зеленківка	1931	*1984
		м. Ромни	1925	*1984
		с. Снітин	1927	*1984
		м. Лубни	1914	*1984
	Терн	с. Будки	1931	1975
	Ромен	м. Ромни	1915	*1984
	Удай	м. Прилуки	1925	*1984
		с. Курінька	1953	*1984
	Перевід	с. Сасинівка	1929	*1984
	Многа	с. Вороньки	1953	*1984
	Сліпорід	с. Олесандрівка	1932	*1984
	Оржиця	с. Маяківка	1927	*1984
Псел	Псел	м. Суми	1908	*1984
		м. Гадяч	1914	*1984
		с. Яреськи	1946	*1984
		с. Запсілля	1927	*1984
	Грунь	с. Римарівка	1943	1976
	Хорол	с. Петрівка-Роменська	1932	1975
		м. Миргород	1914	*1984
	Говтва	с. Михнівка	1933	*1984
Ворскла	Ворскла	с. Чернеччина	1927	*1984
		м. Полтава	1914	*1984
		м. Кобеляки	1965	*1984
		с. Сокілка	1927	1965
	Ворсклиця	с. Березівка	1930	*1984
	Мерло	м. Богодухів	1915	*1984

Примітка: * діючі на 1964 рік

Тобто на 1984 р. в межах басейну Трубежу діючих гідропостів нараховувалось – 7, в басейні Супою – 1, Золотоноші – 1, Сули – 11, Псла – 6 та Ворскли – 5. Загалом в межах

лівобережжя Середнього Дніпра діяв 31 гідропост, на відміну від 1964 р. коли їх існувало 42, в басейні Трубежу – 4, Супою – 1, Золотоноші – 1, Сули – 11, Псла – 14 та Ворскли – 11. А на 1930 р. всіх гідропостів в межах басейнів лівих приток Середнього Дніпра нараховувалось 90 - в басейні Трубежу – 7, Супою – 11, Сули – 24, Псла – 21 та Ворскли – 27.

На початку ХХІ ст. в межах досліджуваних басейнів річок кількість гідропостів стає меншою і нараховує сьогодні тільки 22 об'єкти [25]. Подаємо інформацію в розрізі окремих басейнів лівих приток Середнього Дніпра– табл.16:

Таблиця 16. Перелік існуючих гідропостів на річках лівобережної частини Середнього Дніпра станом на 2022 р.

Басейн річки	Назва річки	Назва гідропоста	Рік заснування
Трубіж	Трубіж	смт.Баришівка	1945
		м. Переяслав-Хмельницький	1925
	Недра	м. Березань	1930
Супій	Супій	с. Піщане	1927
Золотоношка	Золотоношка	м. Золотоноша	1944
Сула	Сула	с. Зеленківка	1931
		м. Ромни	1925
		м. Лубни	1914
	Ромен	м. Ромни	1915
	Удай	м. Прилуки	1925
	Перевід	с. Сасинівка	1929
	Сліпорід	с. Олесандрівка	1932
	Оржиця	с. Маяківка	1927
Псел	Псел	м. Суми	1908
		м. Гадяч	1914
		с. Запсілля	1927
	Хорол	м. Миргород	1914
	Говтва	с. Михнівка	1933
Ворскла	Ворскла	с. Чернечина	1927
		м. Полтава	1914
		м. Кобеляки	1965
	Мерло	м. Богодухів	1915

На 2022 р. в басейні Трубежу існувало 3 гідропости, в басейні Супою – 1, Золотоноші – 1, Сули – 8, Псла – 5 та Ворскли – 4.

В другій половині ХХ, початку ХХІ ст. активними центрами досліджень річок Лівобережжя Середнього Дніпра стали Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Український гідрометеорологічний інститут, Інститут водних проблем і меліорації НААН, Національний університет водного господарства та природокористування та Полтавський обласний центр з гідрометеорології (Полтавський ЦГМ).

Зокрема в розрізі окремих вчених комплексна фізико-географічна характеристика річок досліджуваного регіону подана в працях В.В. Гребеня. Фізико-географічні параметри басейну Дніпра добре висвітлені в роботах В.І. Вишневського [26], В.К. Хільчевського, І.М. Ромася, М.І. Ромася, В.В. Гребеня, І.О. Шевчук, О.В. Чунарьова [27]. Комплексну характеристику фізично-географічних даних про ліві притоки Середнього Дніпра знаходимо у В.К. Хільчевського, О.О. Винарчук, О.М. Гончар [28]. Детальна характеристика фізичних параметрів малих річок України подається в працях А. В. Яцика [29], Л.М. Зуб, Г.П. Карпової [30].

Особливості тектонічної, геологічної та орографічної будови річкових долин Східноєвропейської рівнини опрацьовано в праці К.І. Геренчука [31]. Детальний опис тектонічної будови регіону дослідження надають З.М. Товстюк, О.П. Головащук, І.В. Лазаренко [32].

Палеоумови басейну Середнього Дніпра розглянута детально в працях В. Пазинича [33-34], А. Величко [35], М. Веклича [36], Н. Сиренко [37], Ж. Матвіїшиної [38], Н. Герасименко, Л. Безусько [39], В. Смірної [40], в межах Східно-Європейської рівнини - В. Ратникова [41], в межах Дніпровсько-Донецької западини - А. Карпенка [42]. В межах України - А. Яцика [29].

Детальний опис ґрунтів та рослинного покриву лісостепової зони та річкових долин відображено в праці Л. П. Груздевої, А. А. Яскіна та В. В. Тимофєєва [43]. Роль рослин в екосистемах малих річок добре висвітлені в праці Л.М. Зуб [44]. Рослинність та власне лісистість долин річок України висвітлюються в працях В.В. Гребеня [45] та А.В. Яцика [29]. Про ґрунтово-рослинний покрив басейну Дніпра добре опрацьовано інформацію в праці «Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Среднее и Нижнее Поднепровье» [20] та праці В.І. Вишневського [26].

Вплив зміни клімату на режим річкового стоку в Україні та сусідніх державах опрацьовано в працях В.В. Гребеня [45] та В.І. Вишневського [46].

Антропогенний вплив на річки України детально розглядається в працях В.В. Гребеня, В.К. Хільчевського, В.А. Сташука, О.В. Чунарьова, О.Є. Ярошевича [47], В.І. Вишневського [48], А.І. Томільцевої, А.В. Яцика, В.Б. Мокіна [49]. Трансформація річок Середнього Дніпра, в межах Полтавщини, під дією людського фактору розглядається в працях В.Г. Смирної [50] та Ю.М. Лук'яненко [51], а в межах Сумської області добре описано в працях О.С. Данильченка [52], Київської області – М.М. Ладика [53]. Теоретичні основи впливу антропогенної діяльності на річкові басейни Лівобережного Лісостепу України висвітлено в праці А.В. Дорошенко [54].

Ландшафтно-гідрологічне районування річок України опрацьоване в працях В. Гребеня [55-57], В. Хільчевського [58-59], М. Яцюка [55-56], В. Вишневського [48], О. Чунарьова, В. Мокіна, [55-57], В. Сташука, Є. Крижановського, В. Бабчука, О. Ярошевича [58], М. Паламарчука, Н. Закорчовної [60].

Особливості водного режиму річок України добре висвітлено в роботах В.В. Гребеня [45, 61], Ю.О. Чорноморець [61], Л.О. Горбачової [62] та О.С. Данильченка [63].

Параметри рівневого режиму та річкового стоку в басейні Дніпра наводяться у працях М.Г. Галущенко, І.М. Ромася [64], І.О. Шевчук, М.І. Ромася [65]. Характеристику річкового стоку лівих приток Середнього Дніпра активно досліджують в своїх працях В. В. Бібік, О. О. Винарчук, О. І. Лук'янець, В. К. Хільчевський [66].

Активно досліджують зміну термічного режиму річок басейну Дніпра під дією глобального потепління В.М. Струтинська [67-69] та В.В. Гребінь [67, 69] та В.І. Вишневський [70]. Оцінку впливу клімату на річковий стік активно висвітлює Н.С. Лобода [71].

Значення водного балансу басейнів річок України активно досліджують О.М. Галущенко [72-74] – басейн Дніпра та лівих приток Середнього Дніпра – Ворскли, Псла, К.А. Мірошніченко [75] – басейн Ворскли, І.А. Запольський [76] – басейн Трубежу та О.М. Антонов [77] – басейн Хоролу.

На сучасному етапі стан гідрографічної мережі лівих приток Середнього Дніпра гарно відображено на ГІС-картах веб-сервісів Google Earth та Google Maps, які дають можливість працювати як із географічними картами, так і з супутниковими даними або в накладанні даних один на одного. Супутникові дані гідрографічної мережі можна переглядати в часових вимірах, вимірювати ключові параметри водних об'єктів. Додаткові можливості надають способи ДЗЗ та ГІС-технологій (таких як Saga, Arc Gis Pro та ін.).

Висновки. У статті подано історію досліджень лівих приток Середнього Дніпра. Розроблено періодизацію досліджень за хронологічними періодами з 1800 до 2022 рр.:

1. *Продовження періоду систематизації достовірної інформації про річки (1800 – 1820 рр.).*
2. *Початковий період інструментальних досліджень річок (1820 – 1880 рр.).*
3. *Період формування системи постійних гідропостережень та наукових експедицій (1880 – 1910 рр.).*
4. *Період розширення мережі гідрологічних постів, розрізнених польових досліджень та детального картографування території (1910 – 1943 рр.).*
5. *Комплексні дослідження річок регіону (1943 – 2022 рр.).*

Період XIX – XXI століть ознаменувався відходом від накопичення описової інформації про досліджувані річки басейну Лівобережжя Середнього Дніпра до комплексних та досить детальних досліджень кожного компоненту річкової мережі досліджуваного регіону. Описовий період спровокував «вибухову хвилю» інтерпретації вже відомої інформації в теорії походження річкових долин лівих приток Середнього Дніпра, а неповна інформація про ці річки призвела до активізації польових експедиційних досліджень та картографування – Трубежу, Супою, Сули, Псла, Ворскли та інших річок досліджуваного регіону. На перший план від середини XIX – до 60-х рр. XX ст. виходять інструментальні дослідження лівих приток Середнього Дніпра, створюються перші гідропости, а до кінця даного періоду розгортається їх масова діяльність навіть на малих річках регіону. Гідрологічна інформація в першій половині XX століття починає координуватись спеціальними гідрометеорологічними організаціями в межах України – Гідрометеослужбою України та регіональними представництвами в областях – ЦГМ. В XXI столітті велика роль в отриманні та обробці гідрологічної інформації про ліві притоки басейну Середнього Дніпра належить системам ДЗЗ та ГІС-системам.

На початку XIX століття продовжується період систематизації достовірної інформації про ліві притоки Дніпра. Цей період триватиме до 1820-х рр. Автори праць цього часового відрізка продовжують накопичувати описову інформацію про річки регіону та створюють детальні карти гідрографічної сітки адміністративних регіонів.

У 1820-х роках були проведені перші інструментальні дослідження та відкриваються перші гідропости на річках досліджуваного району. Розпочинається початковий період інструментальних досліджень річок, який триватиме із 1820 по 1880 рр. Це дуже важливий час для формування теоретичних знань про утворення та розвиток долин лівих приток Середнього Дніпра, які досліджували – Микола Арендаренко, Микола Маркевич, Василь Докучаєв, Іван Леваківський, Микола Максимович, Євгеній Оппоков та ін. В даний період відбувається удосконалення процесу створення великомасштабних карт із відображення гідрографії регіону дослідження, зокрема вище згаданої Військово-топографічної карти Російської Імперії 1846-1863 рр., створеної під керівництвом Ф.Ф. Шуберта і П.А. Тучкова, а також карти головних річок та ярів Полтавської губернії за 1846 рік, створеної Миколою Арендаренком.

У 80-х роках XIX століття розпочинається період формування системи постійних гідроспостережень та наукових експедицій в межах Лівобережжя Середнього Дніпра. Перші постійні гідропости, звісно, були відкриті в межах Києва на Дніпрі, але починаючи із 1908 року вони з'являються на Пслі (Суми), а з 1913-1914 рр. на Трубежі, Супою, Сулі та Ворсклі. На 1880 – 1900 рр. припав активний період польових наукових експедицій річками досліджуваного регіону. Активно в цей час працювали експедиції під керівництвом гідрологів В. Лохтіна (1882 – 1892 рр.) та Є. Оппокова (1894 – 1898 рр.). Відбувалось також картографування територій на вимогу державних структур з метою осушення заболочених територій в басейнах лівих приток Середнього Дніпра. В 1913 році завершується даний період виданням найбільш точного каталогу річок та струмків Дніпровського басейну Маштакова П.Л. «Список рек Днепровского бассейна. С картой и алфавитным указателем». В даному каталозі виокремлено 9 значних басейнів Лівобережжя Середнього Дніпра, де перераховано 569 річок в межах досліджуваного району.

В 1910-х рр. починається перший етап розширення мережі водомірних постів на лівих притоках Середнього Дніпра. Відкриваються пости на рр. Трубіж, Супій та Сула з її притоками. Причиною такого масового сплеску будівництва гідропостів на лівих притоках Середнього Дніпра в період 1910-1930-тих років можна пояснити потребою у даних для оцінки водних ресурсів території на прохання організацій водного господарства, залізничного транспорту, сільського господарства. В 1910 - 1930-х рр. проводились гідрологічні, гідрогеологічні та ґрунтові дослідження, гідрометричні спостереження, топографічне знімання із технічним нівелюванням із метою осушення русел і регулювання рр. Трубіж, Мерло, Сула, Ромен, Удай та ін. В 1930-х рр. здійснювався процес рекогносцирування території для визначення судноплавних умов на рр. Сула, Псел, Ворскла. В 1920-1930-х рр. відбувається видання вузькогалузових гідрологічних та фізико-географічних праць про річки регіону за авторства – Огієвського А.В., Оппокова Є.В. та ін.

Наприкінці 1930-х та на початку 1940-х рр. створюються детальні топографічні карти з гідрографічною сіткою регіону дослідження.

Період комплексних досліджень лівих приток Середнього Дніпра охоплює часовий інтервал із 1940-х по 2022 рр. В даному періоді можемо виокремити ключові етапи. Зокрема, з 1943 – по 1965 рр. триває етап найбільшої «другої хвилі» розширення гідромережі, в тому числі на малих річках – Коломаку, Тагамлику, Лозовій, Недрі, Золотоноші, Груні, Говтві, Сліпорід, Перевід, Оржиця тощо. Велика робота була зроблена Гідрометеорологічною службою УРСР та Центрально-чорноземних областей РРФСР по складанню гідрологічних описів річок Лівобережжя Середнього Дніпра в період із 1949 по 1960 рр. В 1950 – 1970 рр. тривала нова хвиля масової каталогізації річок регіону. В 1970 – 1990 рр. тривав етап видання вузькоспеціалізованих гідрологічних та фізико-географічних праць про річки регіону Лівобережжя Середнього Дніпра. В 1990 – 2022 рр. тривають два паралельних етапи дослідження лівих приток басейну Середнього Дніпра - етап «згортання» системи гідропостів та «екологічний» етап дослідження річок за напрямками: забруднення вод, господарського використання, глобальної зміни клімату, тощо. На межі XX та XXI ст. активними центрами досліджень річок Лівобережжя Середнього Дніпра стали Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Український гідрометеорологічний інститут, Інститут водних проблем і меліорації НААН, Національний університет водного господарства та природокористування та Полтавський обласний центр з гідрометеорології (Полтавський ЦГМ).

Список літератури

1. Зябловский Е. Землеописание Российской империи для всех состояний. : монографія. Санкт-Петербург : При Императорской Академии наук, 1810. Часть 1. 336 с.
2. Подробная карта Российской Империи и близлежащих заграничных владений. Столистая карта. URL: http://www.etomesto.ru/map-atlas_1816/ (дата звернення: 29.01.2022).
3. Carte de la Russie Européenne en LXXVII feuilles exécutée au Dépôt general de la Guerre. Gallica. URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b5970618b> (дата звернення: 02.08.2022).
4. Военно-топографическая карта Российской Империи 1846-1863 гг., [созданная под руководством Ф.Ф. Шуберта и П.А. Тучкова]. URL: <http://www.etomesto.ru/shubert-map/23-13/> (дата звернення: 29.01.2022).
5. Швець Г. І. Водність Дніпра. Київ : Вид-во АН УРСР, 1960. 182 с.
6. Арандаренко Н. Записки о Полтавской губернии. Полтава : Типография Губернс. Правления, 1848. 196 с.
7. Военно-статистическое обозрение Российской империи. Санкт-Петербург : Типография управления Ген. Штаба, 1848. Т. 12 : Малороссийскія губерніи. Часть 3. Полтавская губернія. 123 с.
8. Клімат України / НАН України та ін. ; ред.: В. Ліпінський, В. Дячук, В. Бабіченко. Київ : Вид-во Раєв., 2003. 342 с.
9. Маркевич Н. Реки Полтавской губернии. Записки Русского географического общества. Санкт-Петербург, 1856. Т. 11. С. 349.
10. Штиглиц Н. Списки населенных мест Российской империи. Санкт-Петербург : Центральный статистичес. комитет Министерства внутр. дел, 1862. Т. 33 : Полтавская губерния. 148 с.
11. Докучаев В. В. Способы образования речных долин Европейской России. Санкт-Петербург : Типография В. Демак., 1878. 221 с.
12. Борисяк Н. Д. Сборник материалов, относящихся до геологии Южной России. Харьков : Унив. тип., 1867. 22 с.
13. Ресурсы поверхностных вод СССР. Ленинград, 1964. Т. 6. 244 с.
14. Леваковский И. Ф. Воды России по отношению к ее населению. Харьков : Унив. тип., 1890. 286 с.
15. Самородов В. Якими були річки нашого краю у минулому? Наш рідний край. 1990. № 5. С. 17–24.
16. Максимович Н. Днепр и его бассейн. Киев : Тип.С.В.Кульженко, 1901. 762 с.
17. Оплоков Е. Речные долины Полтавской губернии: очерки работ экспедиции по орошению на юге России. Санкт-Петербург, 1905. Часть 2. 446 с.
18. Маштаков П. Список рек Днепровского бассейна : С картой и алф. указателем. Санкт-Петербург : Состоящая при Имп. Акад. наук Комис. по вопросу о геогр. номенклатуре, 1913. 292 с.
19. Сведения об уровне воды на реках и озерах СССР 1916-1930 гг. / Главное управление гидрометеорологической службы СССР при СНК Союза ССР, Государственный Гидрологический

- Институт. Ленинград; Москва: Гидрометеорологическое издательство. Т. 18 : Бассейн Черного и Азовского морей. Выпуск 4. Бассейны рек Днепра (ниже г. Киева), Южного Буга и Днестра, 1940.
20. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып.2. Среднее и Нижнее Поднепровье: / Под ред. М.С. Каганера. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 656 с.
21. Карты РККА, 500 метровки. Старинные карты. URL: <http://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-rkka-500metrovi> (дата звернення: 02.08.2022).
22. Карты немецкие 500 метровки (1км). Старинные карты. URL: <http://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-nemecskie-500metrovi-1km> (дата звернення: 02.08.2022).
23. Каталог річок України / ред.: Г. Швець, Н. Дрозд, С. Левченко. Київ : Вид-во АН УРСР, 1957. 192 с.
24. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. Т. 2 : Украинская ССР. Выпуск 2. Бассейн Днепра. 356 с.
25. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 2001-2010 рр. та весь період спостережень). Частина 1. Річки та канали. Випуск 2. Басейн Дніпра /Центральна геофізична обсерваторія Держгідрометслужби України. Київ, 2008. 512 с.
26. Вишневецький В.І. Ріка Дніпро : Наукове видання / Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
27. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, І.М. Ромась, М.І. Ромась, В.В. Гребінь та ін. / За ред. В.К. Хільчевського. Київ. Ніка-Центр. 2007. 184 с.
28. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України / В.К. Хільчевський, О.В. Винарчук, О.М. Гончар, М.Р. Забокрицька та ін. / За ред. В.К. Хільчевського, В.А. Сташука. Київ. Ніка-Центр. 2014. 230 с.
29. Малі річки України. Довідник / А.В. Яцик, Л.В. Бишовець та ін. у т.ч. Д.В. Закревський, В.І. Пелешенко, С.І. Сніжко, В.К. Хільчевський / За ред. А.В. Ячика. Київ. Урожай. 1991. 290 с.
30. Зуб Л. М., Карпова Г.О. Малі річки України: характеристика, сучасний стан, шляхи збереження. URL: http://urn.iatp.org.ua/ukr_rvrs/ukrrivers.htm (дата звернення: 18.08.2022).
31. Геренчук К. Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины / ред. К. Геренчук. Львов : гос. ун-т. Львов, 1960. 242 с.
32. Товстюк З., Головащук О., Лазаренко І. Дніпровсько Донецька западина. Успадкованість розвитку структур, розломних зон і зон розущільнення. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 5. С. 27–32.
33. Пазинич В.Г. Геоморфологічний літопис Великого Дніпра. Прилуки: Гідромас, 2007. 372 с.
34. Пазинич В.Г. Середньоантропогенний озерний етап басейну Дніпра. Кам'яна доба України. Київ: Шлях, 2010. № 13. С.86 - 94.
35. Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. Москва: Наука, 1973. 256 с.
36. Веклич М.Ф., Дубняк В.А. Палеогеографічні етапи утворення терас Середнього Дніпра. В кн.: Проблеми географічної науки в Українській РСР. Київ: Наукова думка, 1975. № 2. С. 74-86.
37. Сиренко Н.А. Турло С.И. Развитие почв и растительности Украины в плиоцене и плейстоцене. Киев: Наук. думка, 1986. 186 с.
38. Матвишина Ж.Н. Микроморфология плейстоценовых почв Украины. Киев: Наук. думка, 1982. 145 с.
39. Безусько Л.Г. Рослинний покрив та клімат України у пізньольодовиків'ї. Укр. ботан. журн. 1999. Т.5, №5. С. 449-454.
40. Смірнова В.Г. Палеорусла в долинах річок України. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. Т. 1. С. 60-67.
41. Ратников В.Ю. Динамика палеогеографической обстановки на территории Восточной Европы в плейстоцене. Вестник ВГУ серия: геология. 2013. № 2. С. 188 – 190.
42. Карпенко А.М. Пізньоміоцен-пліоценові тераси Північноукраїнської палеоседиментаційної провінції. Стаття 1. Еволюція поглядів. Геологічний журнал. 2016. №1 (354). С. 51 – 68.
43. Почвоведение с основами геоботаники / За ред. Л. П. Груздева, А. А. Яскин, В. В. Тимофеев и др.; Под ред. Л. П. Груздовой, А.А. Яскина. Москва: Агропромиздат, 1991. 448 с.
44. Зуб Л.М., Карпова Г.О., Мальцев В.І. Живий світ малих річок України. Участь громадськості у збереженні малих річок України: матеріали тренінг-курсу. Київ: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2005. С. 344-380.
45. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010.
46. Вишневецький В.І. Зміни клімату і річкового стоку на території України і Білорусі. Наук. праці УкрНДГМІ. 2001. № 249. С. 89-105.
47. Водний фонд України: Штучні водойми — водосховища і ставки: Довідник / В.В. Гребінь, В.К. Хільчевський, В.А. Сташук, О.В. Чунарьов, О.Є. Ярошевич / За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня. Київ: «Інтер-прес ЛТД», 2014. 164 с.

48. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ: Віпол, 2000. 376 с.
49. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
50. Смирнова В. Г. Антропогенні зміни гідрографічної мережі Полтавської області. Наукові записки Вінницького педуніверситету. Сер. Географія. 2011. № 22. С. 21-26.
51. Лук'яненко Ю.М. Антропогенний вплив на річку Сула в межах національного природного парку «Нижньосулський». Інтегроване управління водними ресурсами: Наук. збірник. 2014. С. 123-130.
52. Данильченко О.С. Оцінка антропогенного навантаження на басейни малих річок Сумського Придніпров'я. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2013. Т. 4 (31). С. 79-89.
53. Лади́ка М.М., Гобеляк Н.С., Корх О.В. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн р.Трубіж [Електронний ресурс]. Наукові доповіді НУБіП. 2012. № 3 (32). URL: http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/Nd/2012_3/12dav.pdf (дата звернення: 14.08.2022).
54. Дорошенко А.В. Антропогенний вплив на річкові басейни Лівобережного Лісостепу України: теоретико-методологічні аспекти. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2017. № 97. С. 217-228.
55. Гребінь В.В., Яцюк М.В., Чунарьов О.В. Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2012. Т. 2(27). С. 8-16.
56. Нове гідрографічне та водогосподарське районування як передумова впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом / В. Гребінь та ін. Матеріали науково-практичної конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку управління водними ресурсами України», м. Київ, 10–11 жовт. 2012 р. Київ, 2012. С. 7–8.
57. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу / В.В. Гребінь, В.Б. Мокін, В.А. Сташук, В. К. Хільчевський, М. В. Яцюк, О.В. Чунарьов, Є.М. Крижановський, В.С. Бабчук, О.Є. Ярошевич. Київ: Інтерпрес, 2013. 55 с.
58. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Гідрографічне та водогосподарське районування України 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. Т. 1 (44). С. 8-20.
59. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України / В.К. Хільчевський, О.В. Винарчук, О.М. Гончар, М.Р. Забокрицька та ін. / ред. В.К. Хільчевського, В.А. Сташука. Київ. Ніка-Центр. 2014. 230 с.
60. Паламарчук М., Загорчевна Н. Водний фонд України : довідк. посіб. / ред.: В. Хорев, К. Алієв, Український ін-т досліджень навколишнього середовища і ресурсів. Київ : Ніка-Центр, 2001. 392 с.
61. Чорноморець Ю.О., Гребінь В.В. Багаторічна динаміка режиму живлення річки Десна. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т.3 (20). С. 59-67.
62. Горбачова Л.О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. Український географічний журнал. 2015. №3. С. 16-23.
63. Данильченко О.С. Особливості водного режиму річок Сумської області. Наукові записки СумДПУ імені А.С.Макаренка. Серія географічні науки. 2015. № 6. С. 44 – 50.
64. Галущенко М.Г., Ромась І.М. Умови формування та розрахунки мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2001. Т.2. С. 289-295.
65. Ромась М., Шевчук І., Ромась І. Дослідження формування мінімальних середньомісячних витрат річок басейну Дніпра в літньо-осінню межень. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2003. Т. 5. С. 85–92.
66. Бібік В.В., Винарчук О.О., Лук'янець О.І., В.К. Хільчевський. Просторово-часова характеристика стоку річок Сула, Псел та Ворскла. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. Т.4 (25). С. 85-99.
67. Струтинська В.М., Гребінь В.В. Зміна термічного режиму річок басейну Дніпра на фоні глобального потепління клімату. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2007. № 12. С. 105-114.
68. Струтинська В.М. Зміна характерних температур води річок басейну Дніпра, як результат кліматичних коливань. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2007. № 13. С. 79-87.
69. Струтинська В.М., Гребінь В.В. Сучасні зміни елементів водно-теплогового балансу в басейні Дніпра, як передумова змін термічного та льодового режиму річок. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2007. № 54. С. 24-26.
70. Вишневецький В.І. Вплив кліматичних змін і господарської діяльності на термічний та льодовий режим річок. Наук. Праці УкрНДГМІ. 2002. № 250. С. 190-202.
71. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В. Оцінка впливу змін клімату на водні ресурси України на основі моделі «клімат-стік» за сценарієм глобального потепління А2. Гідрологія,

гідрохімія і гідроекологія. 2015. Т. 1 (36). С. 8-17.

72. *Галущенко О.М.* Водні баланси і водні ресурси річкових водозборів басейну Дніпра та їх використання (в межах України). Вісник Київського університету. Географія. Київ: Київський університет, 1998. Вип.43. С. 77-81.

73. *Галущенко М.Г., Зеленьов В.М.* Водний баланс басейнів рік Псла, Ворскли і Орелі. Вісник Київського університету. 1982. С. 38-43.

74. *Галущенко О.М.* Розподіл полів кількості атмосферних опадів на річкових водозборах басейну Дніпра. Вісник Київського університету. Географія. 1995. № 41. С.109-119.

75. *Мірошніченко К.А., Чорноморець Ю.О.* Вплив змін клімату на водний баланс та динаміку стоку води річки Ворскла. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2016. Т. 2. С. 58-68.

76. *Запольский И.А.* Влияние мелиорации на водный баланс Украинского Полесья (на примере бассейна р.Трубеж). Киев: Наук. думка, 1991. 166 с.

77. *Антонов О.М., Винарчук О.О., Кравчинський Р.Л.* Оцінка водно-ресурсного потенціалу р. Хорол. Географія та туризм. 2010. № 10. С. 198-204.

78. *Сарнавський С.П., Гребін В.В.* Ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі лівобережжя Середнього Дніпра (від перших згадок до детальних описів – IV ст. н.е. - кінець XVIII ст.). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2021. № 4(62) С. 46-66.

References

1. *Ziablovskiy E.* Zemleopysanye Rossyiskoi ympery dlia vseh sostoianyi [Land description of the Russian Empire for all states]. : monografiia. Sankt-Peterburh : Pry Ymperatorskoi Akademyy nauk, 1810. Chast 1. 336 s.

2. Podrobnaiia karta Rossyiskoi Ympery y blyzlezhnykh zahranychnykh vladeniy. Stolystovaia karta [Detailed map of the Russian Empire and nearby foreign possessions. One hundred sheet card]. URL: http://www.etomesto.ru/map-atlas_1816/ (data zvernennia: 29.01.2022).

3. Carte de la Russie Européenne en LXXVII feuilles exécutée au Dépôt general de la Guerre. Gallica [Map of European Russia in sheets LXXVII executed at the Depot general de la Guerre Gallica]. URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b5970618b> (data zvernennia: 02.08.2022).

4. Voenno-topograficheskaia karta Rossyiskoi Ympery 1846-1863 hh [Military topographic map of the Russian Empire 1846-1863]., [sozdannaia pod rukovodstvom F.F. Shuberta y P.A. Tuchkova]. URL: <http://www.etomesto.ru/shubert-map/23-13/> (data zvernennia: 29.01.2022).

5. *Shvets H. I.* Vodnist Dnipro [Water content of the Dnipro]. Kyiv : Vyd-vo AN URSS, 1960. 182 s.

6. *Arandarenko N.* Zapysky o Poltavskoi hubernyy [Notes on the Poltava province]. Poltava : Typohrafiia Huberns. Pravleniia, 1848. 196 s.

7. Voenno-statysticheskoe obozreniye Rossyiskoi ympery [Military Statistical Review of the Russian Empire]. Sankt-Peterburh : Typohrafiia upravleniia Hen. Shtaba, 1848. T. 12 : Malorossiiskii huberniy. Chast 3. Poltavskaia huberniia. 123 s.

8. Klimat Ukrainy [Climate of Ukraine] / NAN Ukrainy ta in. ; red.: V. Lipinskiy, V. Diachuk, V. Babichenko. Kyiv : Vyd-vo Raiev., 2003. 342 s.

9. *Markevych N.* Reky Poltavskoi hubernyy [Rivers of Poltava province]. Zapysky Russkoho heohraficheskoho obshchestva. Sankt-Peterburh, 1856. T. 11. S. 349.

10. *Shtyhlyts N.* Spysky naselennikh mest Rossyiskoi ympery [Lists of populated places in the Russian Empire]. Sankt-Peterburh : Tsentralnyi statystiches. komitet Mynysterstva vnutr. del, 1862. T. 33 : Poltavskaia huberniia. 148 s.

11. *Dokuchaev V. V.* Sposoby obrazovaniya rechnykh dolyn Evropeiskoi Rossyy [Methods for the formation of river valleys in European Russia]. Sankt-Peterburh : Typohrafiia V. Demak., 1878. 221 s.

12. *Borysiak N. D.* Sbornyk materyalov, otnosiashchysia do heolohyy Yuzhnoi Rossyy [Collection of materials relating to the geology of South Russia]. Kharkov : Unyv. typ., 1867. 22 s.

13. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]. Lenynhrad, 1964. T. 6. 244 s.

14. *Levakovskiy Y. F.* Vody Rossyy po otnosheniyu k ee naseleniyu [The waters of Russia in relation to its population]. Kharkov : Unyv. typ., 1890. 286 s.

15. *Samorodov V.* Yakymy buly rychky nashoho kraiu u mynulomu [What were the rivers of our region in the past]? Nash ridnyi kraj. 1990. № 5. S. 17–24.

16. *Maksymovych N.* Dnepr y eho bassein [Dnieper and its basin]. Kyev : Typ.S.V.Kulzhenko, 1901. 762 s.

17. *Oppokov E.* Rechnye dolyny Poltavskoi hubernyy: ocherky rabot ekspedytsyy po orosheniyu na yuhe Rossyy [River valleys of the Poltava province: essays on the work of an irrigation expedition in southern Russia]. Sankt-Peterburh, 1905. Chast 2. 446 s.

18. *Mashtakov P.* Spysok rek Dneprovskoho basseina : S kartoi y alf. ukazatelem [List of rivers of the Dnieper basin: With a map and alf. pointer]. Sankt-Peterburh : Sostoiashchaia pry Ymp. Akad. nauk

Komys. po voprosu o heohr. nomenklature, 1913. 292 s.

19. Svedeniia ob urovne vody na rekakh y ozerakh SSSR 1916-1930 hh [Information about the water level on the rivers and lakes of the USSR 1916-1930]. / Hlavnoe upravleniye hydrometeorologicheskoi sluzhby SSSR pry SNK Soiuza SSR, Gosudarstvennyi Hidrologicheskii Ynstytut. Leningrad; Moskva: Hydrometeorologicheskoe yzdatelstvo. T. 18 : Bassein Chernoho y Azovskoho morei. Vypusk 4. Basseiny rek Dnepra (nyzhe h. Kyeva), Yuzhnoho Buha y Dnestra, 1940.

20. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]. T.6. Ukraina y Moldavyia. Vyp.2. Srednee y Nyzhnee Podneprove: / Pod red. M.S. Kahanera. Leningrad: Hydrometeoyzdat, 1971. 656 s.

21. Karty RKKA, 500 metrovy [Maps of the Red Army, 500 meters]. Starynnye karty. URL: <http://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-rkka-500metrovy> (data zvernennia: 02.08.2022).

22. Karty nemetskye 500 metrovy (1km) [German maps 500 meters (1km)]. Starynnye karty. URL: <http://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-nemetskye-500metrovy-1km> (data zvernennia: 02.08.2022).

23. Katalog richok Ukrainy [Catalog rivers of Ukraine] / red.: H. Shvets, N. Drozd, S. Levchenko. Kyiv : Vyd-vo AN URSR, 1957. 192 s.

24. Mnoholetnye dannye o rezhyme y resursakh poverkhnostnykh vod sushy [Long-term data on the regime and resources of land surface waters]. Leningrad : Hydrometeoyzdat, 1984. T. 2 : Ukraynskaia SSR. Vypusk 2. Bassein Dnepra. 356 s.

25. Derzhavnyi vodnyi kadastr. Bahatorichni dani pro rezhy m ta resursy poverkhnostnykh vod sushy (za 2001-2010 rr. ta ves period sposterezhen) [State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of surface water on land (for 2001-2010 and the entire observation period)] . Chastyna 1. Richky ta kanaly. Vypusk 2. Bassein Dnipro / Tsentralna heofizychna observatoriia Derzhhydrometysluzhby Ukrainy. Kyiv, 2008. 512 s.

26. Vyshnevskiy V.I. Rika Dnipro : Naukove vydannia [Dnipro River: Scientific edition] / Kyiv: Interpres LTD, 2011. 384 s.

27. Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka minimalnogo stoku richok baseinu Dnipro [Hydrological and hydrochemical characteristics of the minimum flow of the rivers of the Dnipro basin] / V.K. Khilchevskiy, I.M. Romas, M.I. Romas, V.V. Grebin ta in. / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv. Nika-Tsentr. 2007. 184 s.

28. Hidrokimiia richok Livoberezhnogo lisostepu Ukrainy [Hydrochemistry of the rivers of the Left Bank forest-steppe of Ukraine] / V.K. Khilchevskiy, O.V. Vynarchuk, O.M. Honchar, M.R. Zabokrytska ta in. / Za red. V.K. Khilchevskoho, V.A. Stashuka. Kyiv. Nika-Tsentr. 2014. 230 s.

29. Mali richky Ukrainy. Dovidnyk [Small rivers of Ukraine. Directory] / A.V. Yatsyk, L.V. Byshovets ta in. u t.ch. D.V. Zakrevskiy, V.I. Peleshenko, S.I. Snizhko, V.K. Khilchevskiy / Za red. A.V. Yatsyka. Kyiv. Urozhai. 1991. 290 s.

30. Zub L. M., Karpova H.O. Mali richky Ukrainy: kharakterystyka, suchasnyi stan, shliakhy zberezhenia [Small rivers of Ukraine: characteristics, current state, ways of preservation]. URL: http://urn.iatp.org.ua/ukr_rvrs/ukrrivers.htm (data zvernennia: 18.08.2022).

31. Herenchuk K. Tektonicheskye zakonomernosti v orohrafi y rechnoi sety Russkoi ravniny [Tectonic patterns in the orography and river network of the Russian Plain] / red. K. Herenchuk. Lvov : hos. un-t. Lvov, 1960. 242 s.

32. Tovstiyuk Z., Holovashchuk O., Lazarenko I. Dnirovsko Donetska zapadyna. Uspadkovanist rozvytku struktur, rozlomnykh zon i zon rozushchilenia [Dnipro Donetsk depression. The inheritor of the development of structures, fault zones and zones of densification]. Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli. 2015. № 5. S. 27–32.

33. Pazynych V.H. Heomorfologichni litopys Velykoho Dnipro [Geomorphological chronicle of the Great Dnieper]. Pryluky: Hidromas, 2007. 372 s.

34. Pazynych V.H. Serednoantropohenovyi ozernyi etap baseinu Dnipro [Middle anthropogenic lake stage of the Dnipro basin]. Kamiana doba Ukrainy. Kyiv: Shliakh, 2010. № 13. S.86 - 94.

35. Velychko A.A. Pryrodnyi protsess v pleistotsene [Natural process in the Pleistocene]. Moskva: Nauka, 1973. 256 s.

36. Veklych M.F., Dubniak V.A. Paleoheohrafichni etapy utvorennia teras Serednoho Dnipro [Paleogeographic stages of the formation of terraces of the Middle Dnieper]. V kn.: Problemy heohrafichnoi nauky v Ukrainskii RSR. Kyiv: Naukova dumka, 1975. №. 2. S. 74-86.

37. Syrenko N.A. Turlo S.Y. Razvytye pochv y rastytelnosti Ukrainy v plyotsene y pleistotsene [Development of soils and vegetation of Ukraine in the Pliocene and Pleistocene]. Kiev: Nauk. dumka, 1986. 186 s.

38. Matvyshyna Zh.N. Mykromorfologhiia pleistotsenovykh pochv Ukrainy [Micromorphology of the Pleistocene soils of Ukraine]. Kiev: Nauk. dumka, 1982. 145 s.

39. Bezusko L.H. Roslynni pokryv ta klimat Ukrainy u piznolodovykivi [Vegetation and climate of Ukraine in the Late Ice Age]. Ukr. botan. zhurn. 1999. T.5, №5. S. 449-454.

40. *Smirnova V.H.* Paleorusla v dolynakh richok Ukrainy [Paleo-rivers in the river valleys of Ukraine]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia*. 2011. T. 1. S. 60-67.
41. *Ratnykov V.Iu.* Dynamyka paleoheohrafycheskoi obstanovky na terrytorii Vostochnoi Evropy v pleistotsene [Dynamics of the paleogeographic situation in Eastern Europe in the Pleistocene]. *Vesnyk VHU seriya: heolohiia*. 2013. № 2. S. 188 – 190.
42. *Karpenko A.M.* Piznomiotsen-pliotsenovi terasy Pivnichnoukrainskoi paleosedimentatsiinoi provintsii [Late Miocene-Pliocene terraces of the North Ukrainian paleosedimentation province]. *Stattia 1. Evoliutsiia pohliadiv. Heolohichni zhurnal*. 2016. №1 (354). S. 51 – 68.
43. Pochvovedenye s osnovamy heobotaniky [Soil science with the basics of geobotany] / Za red. L. P. Hruzdeva, A. A. Yaskyn, V. V. Tymofeev y dr.; Pod red. L. P. Hruzdevoi, A.A. Yaskyna. Moskva: Ahropromyzzdat, 1991. 448 s.
44. *Zub L.M., Karpova H.O., Maltsev V.I.* Zhyvyi svit malykh richok Ukrainy [The living world of small rivers of Ukraine]. *Uchast hromadskosti u zberezheni malykh richok Ukrainy: materialy treninh-kursu*. Kyiv: Chornomorska prohrama Vetlands Interneshnl, 2005. S. 344-380.
45. *Grebin V.V.* Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohiichni analiz) [Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis)]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2010.
46. *Vyshnevskiy V.I.* Zminy klimatu i richkovoho stoku na terytorii Ukrainy i Bilorusi [Climate and river flow changes on the territory of Ukraine and Belarus]. *Nauk. pratsi UkrNDHMI*. 2001. № 249. S. 89-105.
47. *Vodnyi fond Ukrainy: Shtuchni vodoimy — vodoskhovyshcha i stavky: Dovidnyk* [The Water Fund of Ukraine: Artificial reservoirs — reservoirs and ponds: Handbook] / V.V. Grebin, V.K. Khilchevskiy, V.A. Stashuk, O.V. Chunarov, O.Ie. Yaroshevych / Za red. V.K. Khilchevskoho, V.V. Hrebenia. Kyiv: «Inter-pres LTD», 2014. 164 s.
48. *Vyshnevskiy V.I.* Richky i vodoimy Ukrainy. Stan i vykorystannia [Rivers and reservoirs of Ukraine. Condition and use]. Kyiv: Vipol, 2000. 376 s.
49. *Ekolohichni osnovy upravlinnia vodnymi resursamy : navch. posib.* [Ecological basics of water resources management: training. manual] / A.I. Tomiltseva, A.V. Yatsyk, V.B. Mokin ta in. Kyiv: Instytut ekolohichnoho upravlinnia ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannia, 2017. 200 s.
50. *Smyrnova V. H.* Antropohenni zminy hidrografichnoi merezhi Poltavskoi oblasti [Anthropogenic changes in the hydrographic network of the Poltava region]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho peduniversytetu. Ser. Heohrafiia*. 2011. № 22. S. 21-26.
51. *Lukianenko Yu.M.* Antropohenniy vplyv na richku Sula v mezhakh natsionalnoho pryrodnoho parku «Nyzhnosulskyi» [Anthropogenic impact on the Sula River within the Nizhnyosul National Nature Park]. *Intehrovane upravlinnia vodnymi resursamy: Nauk. zbirnyk*. 2014. S. 123-130.
52. *Danylchenko O.S.* Otsinka antropohennoho navantazhennia na baseiny malykh richok Sumskoho Prydniprovia [Assessment of the anthropogenic load on the basins of small rivers of the Sumy Dnieper region]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia*. 2013. T. 4 (31). S. 79-89.
53. *Ladyka M.M. Hobeliak N.S., Korkh O.V.* Otsinka suchasnoho antropohennoho navantazhennia na basin r.Trubizh [Assessment of the modern anthropogenic load on the basin of the Trubizh River] [Elektronnyi resurs]. *Naukovi dopovidi NUBiP*. 2012. № 3 (32). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_3/12dav.pdf (data zvernennia: 14.08.2022).
54. *Doroshenko A.V.* Antropohenniy vplyv na richkovi baseiny Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: teoretyko-metodolohichni aspekty [Anthropogenic impact on the river basins of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine: theoretical and methodological aspects]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky*. 2017. № 97. S. 217-228.
55. *Grebin V.V., Yatsiuk M.V., Chunarov O.V.* Hidrografichne raionuvannia terytorii Ukrainy yak peredumova rozrobky planiv intehrovanoho upravlinnia richkovymi basinamy [Hydrographic zoning of the territory of Ukraine as a prerequisite for developing plans for integrated management of river basins]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia*. - 2012. T. 2(27). S. 8-16.
56. *Nove hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannia yak peredumova vprovadzhennia intehrovanykh pidkhodiv v upravlinnia vodnymi resursamy za basinovym pryntsypom* [New hydrographic and water management zoning as a prerequisite for the introduction of integrated approaches to water resources management according to the basin principle] / V. Grebin ta in. *Materialy nauko-praktychnoi konferentsii «Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku upravlinnia vodnymi resursamy Ukrainy»*, m. Kyiv, 10–11 zhovt. 2012 r. Kyiv, 2012. S. 7–8.
57. *Metodyky hidrografichnoho ta vodohospodarskoho raionuvannia terytorii Ukrainy vidpovidno do vymoh Vodnoi ramkovo dyrektyvy Yevropeiskoho Soiuzu* [Methods of hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine in accordance with the requirements of the Water Framework Directive of the European Union] / V.V. Grebin, V.B. Mokin, V.A. Stashuk, V. K. Khilchevskiy, M. V. Yatsiuk, O.V. Chunarov, Ye.M. Kryzhanovskiy, V.S. Babchuk, O.Ie. Yaroshevych. Kyiv: Interpres,

2013. 55 s.

58. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.* Hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannia Ukrainy 2016 r. – realizatsiia polozhen YeS VRD [Hydrographic and water management zoning of Ukraine in 2016 - implementation of the provisions of the EU WFD]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2017. T. 1 (44). S. 8-20.

59. Hidrokhimiia richok Livoberezhnoho lisostepu Ukrainy [Hydrochemistry of the rivers of the Left Bank forest-steppe of Ukraine] / V.K. Khilchevskiy, O.V. Vynarchuk, O.M. Honchar, M.R. Zabokrytska ta in. / red. V.K. Khilchevskoho, V.A. Stashuka. Kyiv. Nika-Tsentr. 2014. 230 s.

60. *Palamarchuk M., Zakorchevna N.* Vodnyi fond Ukrainy : dovidk. posib [Water Fund of Ukraine: reference. manual]. / red.: V. Khoriev, K. Aliiev, Ukrainskiy in-t doslidzhen navkolyshnoho seredovyscha i resursiv. Kyiv : Nika-Tsentr, 2001. 392 s.

61. *Chornomorets Yu.O., Grebin V.V.* Bahatorichna dynamika rezhymu zhyvlennia richky Desna [Long-term dynamics of the feeding regime of the Desna River]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2010. T.3 (20). S. 59-67.

62. *Horbachova L.O.* Suchasnyi vnutrishnorichnyi rozpodil vodnoho stoku richok Ukrainy [Modern intra-annual distribution of water flow of rivers of Ukraine]. Ukrainskiy heohrafichnyi zhurnal. 2015. №3. S. 16-23.

63. *Danylchenko O.S.* Osoblyvosti vodnoho rezhymu richok Sumskoi oblasti [Features of the water regime of the rivers of the Sumy region]. Naukovi zapysky SumDPU imeni A.S. Makarenka. Seriia heohrafichni nauky. 2015. № 6. S. 44 – 50.

64. *Halushchenko M.H., Romas I.M.* Umovy formuvannia ta rozrakhunky minimalnogo stoku richok baseinu Dnipro (v mezhakh Ukrainy) [Conditions for the formation and calculations of the minimum flow of the rivers of the Dnipro basin (within Ukraine)]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2001. T.2. S. 289-295.

65. *Romas M., Shevchuk I., Romas I.* Doslidzhennia formuvannia minimalnykh serednomisiachnykh vytrat richok baseinu Dnipro v litno-osinniu mezhenn [Research on the formation of the minimum average monthly flows of the rivers of the Dnipro basin in the summer-autumn period]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2003. T. 5. S. 85–92.

66. *Bibik V.V., Vynarchuk O.O., Luk'ianets O.I., V.K. Khilchevskiy.* Prostorovo-chasova kharakterystyka stoku richok Sula, Psel ta Vorskla [Spatio-temporal characteristics of the flow of the Sula, Psel and Vorskla rivers]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2011. T.4 (25). S. 85-99.

67. *Strutynska V.M., Grebin V.V.* Zmina termichnoho rezhymu richok baseinu Dnipro na foni hlobalnoho poteplinnia klimatu [Changes in the thermal regime of the rivers of the Dnipro basin against the background of global climate warming]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2007. № 12. S. 105-114.

68. *Strutynska V.M.* Zmina kharakternykh temperatur vody richok baseinu Dnipro, yak rezultat klimatychnykh kolyvan [A change in the characteristic water temperatures of the rivers of the Dnipro basin as a result of climatic fluctuations]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2007. № 13. S. 79-87.

69. *Strutynska V.M., Grebin V.V.* Suchasni zminy elementiv vodno-teplovoho balansu v baseini Dnipro, yak peredumova zmin termichnoho ta lodovoho rezhymu richok [Modern changes in the elements of the water-heat balance in the Dnipro basin, as a prerequisite for changes in the thermal and ice regime of rivers]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heohrafiia. 2007. № 54. S. 24-26.

70. *Vyshnevskiy V.I.* Vplyv klimatychnykh zmin i hospodarskoi diialnosti na termichniy ta lodovy rezhym richok [The influence of climatic changes and economic activity on the thermal and ice regime of rivers]. Nauk. Pratsi UkrNDHMI. 2002. № 250. S. 190-202.

71. *Loboda N.S., Serbova Z.F., Bozhok Yu.V.* Otsinka vplyvu zmin klimatu na vodni resursy Ukrainy na osnovi modeli «klimat-stik» za stsensariem hlobalnoho poteplinnia A2 [Assessment of the impact of climate change on water resources of Ukraine based on the "climate-flow" model under the scenario of global warming A2]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2015. T. 1 (36). S. 8-17.

72. *Halushchenko O.M.* Vodni balansy i vodni resursy richkovykh vodozboriv baseinu Dnipro ta yikh vykorystannia (v mezhakh Ukrainy) [Water balances and water resources of river catchments of the Dnipro basin and their use (within Ukraine)]. Visnyk Kyivskoho universytetu. Heohrafiia. Kyiv: Kyivskiy universytet, 1998. № 43. S. 77-81.

73. *Halushchenko M.H., Zelenov V.M.* Vodnyi balans baseiniv rik Psla, Vorskly i Oreli [Water balance of the Psel, Vorskla and Oril river basins]. Visnyk Kyivskoho universytetu. 1982. S. 38-43.

74. *Halushchenko O.M.* Rozpodil poliv kilkosti atmosfernykh opadiv na richkovykh vodozborakh baseinu Dnipro [Distribution of fields of the amount of atmospheric precipitation in the river catchments of the Dnipro basin]. Visnyk Kyivskoho universytetu. Heohrafiia. 1995. № 41. S.109-119.

75. *Miroshnichenko K.A., Chornomorets Yu.O.* Vplyv zmin klimatu na vodnyi balans ta dynamiku stoku vody richky Vorskla [The impact of climate change on the water balance and dynamics of water

flow of the Vorskla River]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2016. T. 2. S. 58-68.

76. Zapol'skyi Y.A. Vliyanye melyoratsyy na vodnyi balans Ukraynskoho Polesia (na prymerе basseina r.Trubezh) [The impact of land reclamation on the water balance of Ukrainian Polissya (on the example of the Trubizh river basin)]. Kiev: Nauk. dumka, 1991. 166 s.

77. Antonov O.M., Vynarchuk O.O., Kravchynskyi R.L. Otsinka vodno-resursnoho potentsialu r. Khorol [Assessment of the water resource potential of the river Khorol]. Heohrafiia ta turyzm. 2010. № 10. S. 198-204.

78. Sarnavskyi S.P., Grebin V.V. Retrospektyvnyi analiz doslidzhen richkovoї merezhi livoberezhzhia Serednoho Dnipra (vid pershykh zghadok do detalnykh opysiv – IV st. n.e. - kinets XVIII st.) [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)]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia, 2021. № 4(62) S. 46-66.

Retrospective analysis of studies of the river network of the Left Bank of the Middle Dnieper (from the period of systematization of information about the rivers - the beginning of XIX century - to the period of comprehensive studies - beginning of the XXI century)

Sarnavskyi S.P., Grebin V.V.

The article presents the history of the studies of the left tributaries of the Middle Dnieper. Periodization of the researches by chronological periods from the XIXth century to the beginning of the XXIth century is developed. The author singles out 5 periods and the key stages of the river research during the corresponding period.

Further continuation in time of the period of systematization of reliable information about the left tributaries of the Middle Dnieper in 1801-1820s is substantiated. Attention is paid to the described and cartographic data of this period, in particular to the "Detailed map of the Russian Empire and adjacent foreign possessions" for 1801-1804 and "Carte de la Russie Europeenne en LXXVII feuilles executee au Depot general de la Guerre" for 1812.

Theories of the XIX - early XX centuries on the formation of the river valleys of the left tributaries of the Middle Dnieper are covered in detail - in the works of Nikolai Arendarenko, Nikolai Markevich, Vasily Dokuchaev, Ivan Levakovsky, Nikolai Maximovich and Eugene Oppokov. Emphasis is placed on two main cartographic works of 1840-1860, reflecting detailed hydrographic network of rivers in the region - the map by N. Arendarenko "The main rivers and ravines of Poltava province" in 1848 and "Military-topographic map of the Russian Empire" 1846-1863 years, by F. Schubert and P.A. Tuchkov.

It was highlighted information about the formation of gauging system on the rivers of the left bank of the Middle Dnieper and substantiated the key stages of formation, expansion and curtailment of the gauging system from 1880 to 2012. Information about field scientific expeditions along the rivers of the study region under the leadership of hydrologists V. Lokhtin (1882 - 1892) and E. Oppokov (1894 - 1898). Information is provided on the most accurate catalog of rivers and streams of the Dnieper basin by P.L. Mashtakov, "The List of Rivers of the Dnieper Basin. With Map and Alphabetical Index." This catalog identifies 9 large basins of the Left Bank of the Middle Dnieper, which lists 569 rivers within the study area. Spatial and temporal analysis of water management, rail transport, agriculture on the main left tributaries of the Middle Dnieper during 1910 - 1930s is carried out.

Activities of Hydrometeorological Service of USSR on making hydrological descriptions of the left tributaries of the Middle Dnieper from 1949 to 1960 are covered in detail. A detailed analysis of the list of works on hydrological and other researches concerning the rivers of the left bank of the Middle Dnieper basin from 1920 to 2022 is carried out.

Keywords: research history; Middle Dnieper; left tributaries; river network; hydrological posts; Hydrometeorological service.

Надійшла до редколегії 19.07.2022

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.4>
УДК 556.114:546.56(282.247)

Жежеря Т.П., Жежеря В.А., Линник П.М.
Інститут гідробіології НАН України

МІГРАЦІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ДОННИХ ВІДКЛАДІВ ЯК ДОДАТКОВЕ ВНУТРІШНЄ НАВАНТАЖЕННЯ ПОЖИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ВОДОЙМИ УРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

На прикладі озер системи Опецьких досліджено сезонну і просторову динаміку вмісту біогенних речовин. Встановлено, що у водоймах урбанізованої території вміст біогенних речовин, окрім зовнішнього навантаження, суттєво залежить від їхнього надходження з донних відкладів за дефіциту кисню і відновлювальних умов. У період досліджень вміст розчиненого кисню і величина Eh-потенціалу знаходились у межах 0–16,2 мг/дм³ і -129÷295 мВ. Дефіцит розчиненого кисню (0–5,4 мг/дм³ і 0–44% насичення) і відновлювальні та перехідні окисно-відновлювальні умови (-129÷69 мВ) у воді придонного горизонту були характерними протягом року. Зростання концентрації розчиненого кисню (12,1–16,2 мг/дм³ і 107–175% насичення) відбувалось лише у поверхневому горизонті води протягом весняно-осіннього періоду. Концентрація амонійного азоту, нітрит- і нітрат-йонів змінювалась у межах 0–13,17, 0,006–0,186 і 0,016–0,142 мг N/дм³. Вміст неорганічного фосфору і розчинного силіцію досягав 0,010–3,121 мг P/дм³ і 0,03–6,4 мг/дм³. Концентрація амонійного азоту, неорганічного азоту в цілому, неорганічного фосфору і розчинного силіцію у придонній воді завжди була вищою, ніж у воді поверхневого горизонту. Це зумовлено формуванням дефіциту кисню і відновлювальних та проміжних окисно-відновлювальних умов, які сприяють збільшенню міграції біогенних речовин з донних відкладів. Відношення N:P зменшувалось від зими до осені в середньому від 7,2 до 2,6, що вказує на зростання у воді концентрації фосфору відносно азоту та формування умов для розвитку синьозелених водоростей. Сприятливі умови для надходження неорганічного азоту і фосфору з донних відкладів формуються за концентрації розчиненого кисню ≤ 4 мг/дм³ і величини Eh-потенціалу ≤ 100 мВ. Встановлено, що концентрація кисню і величина Eh-потенціалу впливають на вміст неорганічного азоту і фосфору, але взаємозв'язок між досліджуваними показниками нелінійного характеру. Стан кисневого режиму і величина Eh-потенціалу не впливають на вміст розчинного силіцію, а його концентрація залежить від сезонних особливостей розвитку діатомових водоростей.

Ключові слова: біогенні речовини, донні відклади, стан кисневого режиму, окисно-відновний (Eh) потенціал, озера системи Опецьких.

Постановка та актуальність проблеми. Широке використання поверхневих вод у різних сферах людської діяльності неминує веде до помітного антропогенного навантаження на них. Найбільш уразливі до нього водні об'єкти з уповільненим водообміном – озера, водосховища, ставки, а особливо ті, що розташовані у межах великих міст. З поверхневим стоком до цих водойм надходять різноманітні неорганічні й органічні сполуки. Вони здатні змінювати як хімічний склад води і тим самим погіршувати її якість, а також зумовлювати зміни у стані екосистем, зокрема створювати нові, нетипові умови для розвитку і життєдіяльності гідробіонтів. Так, згідно прогнозу Організації Об'єднаних Націй, зростання загальної чисельності населення Світу до 9,7 млрд. чол., а також збільшення міського населення на 2,5 млрд. до 2050 р. неминує призведе до подальшого забруднення поверхневих вод біогенними речовинами [1].

Біогенні речовини, до яких належать сполуки азоту, фосфору та силіцію, визначають інтенсивність розвитку гідробіонтів, трофічний статус, а також рівень забруднення водних об'єктів. Збільшення надходження сполук неорганічного азоту ($N_{\text{неорг}}$) і фосфору до поверхневих водойм і водотоків призводить до зростання рівня їхнього евтрофування [2, 3, 4]. У природних водних об'єктах евтрофування розвивається повільно понад декілька сотень років та пришвидшується в рази у водоймах, що зазнають антропогенного впливу. Проблема евтрофування особливо стосується водних об'єктів урбанізованих територій.

Воно призводить до зростання концентрації сполук азоту, фосфору та автохтонних органічних речовин, дефіциту розчиненого кисню, збільшення вмісту завислих речовин органічного походження, надмірного „цвітіння” води, зростання міграційної рухливості амонійного азоту й неорганічного фосфору з донних відкладів, формування анаеробних і сірководневих зон, задухи риби, непридатності водойм для рекреації [3, 5, 6].

Найпоширеніші сполуки азоту у поверхневих водах – це амонійний азот (NH_4^+), нітрит- (NO_2^-) і нітрат-йони (NO_3^-), а також азотовмісні органічні сполуки – амінокислоти, протеїни, аміни, амідри тощо [7]. У природному водному середовищі сполуки азоту зазнають трансформації внаслідок окисно-відновлювальних процесів, азотфіксації, амоніфікації, нітрифікації та денітрифікації [4, 8, 9].

Розчинний фосфор у водних об'єктах знаходиться у вигляді неорганічних сполук – ортофосфатів (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), пірофосфатів, поліфосфатів і фосфорної кислоти, а також входить до складу органічних речовин (нуклеїнові кислоти, нуклеопротеїди, фосфоліпіди, фосфорильовані сахари тощо). За величин pH 7,0–8,5, найхарактерніших для поверхневих водних об'єктів, неорганічний фосфор ($\text{P}_{\text{неорг}}$) представлений йонами HPO_4^{2-} . У завислому стані фосфор знаходиться у вигляді фосфоровмісних мінеральних частинок, таких, зокрема, як оксигідроксиди Al(III) і Fe(III) та Ca^{2+} , а також у складі планктонних організмів, детриту тощо [9, 10].

Силіцій у поверхневих водних об'єктах може знаходитися у розчинній, колоїдній і завислій формах. Розчинна форма силіцію ($\text{Si}_{\text{розч}}$) – це переважно молекули ортосилікатної кислоти H_4SiO_4 і частково йони H_3SiO_4^- залежно від pH водного середовища. Завислу форму силіцію становлять силіційвмісні мінеральні частинки та планктонні організми – діатомові і золотисті водорості тощо [7, 9].

До поверхневих вод у межах урбанізованих територій неорганічні сполуки азоту й фосфору потрапляють переважно з комунальними і промисловими стічними водами, зі зливовими водами, за рахунок стоку чи інфільтрації зі станцій очищення стічних вод та будівельних майданчиків. Деяка частина цих біогенних речовин надходить за рахунок поверхневого та латерального стоку з водозбірної площі, з атмосферними опадами [4, 5, 11]. Надходження сполук силіцію до поверхневих водних об'єктів відбувається за рахунок вилуговування силіційвмісних мінералів, деструкції рослинних організмів, з підземними водами та атмосферними опадами, а також внаслідок використання миючих засобів на основі цеолітів та завдяки стічним водам підприємств з виробництва цементу, скла, силікатних фарб, видобутку та переробки силіційвмісних мінералів тощо [7, 12].

Всі ці джерела надходження біогенних речовин до поверхневих вод, як природні, так і антропогенні, складають зовнішнє навантаження на водні екосистеми і значною мірою впливають на рівень евтрофування водойм і водотоків. Однак не слід забувати про те, що значні їхні кількості сконцентровані у донних відкладах поверхневих водних об'єктів. Але їхнє захоронення в останніх не слід розглядати як незворотне. За певних умов донні відклади можуть бути важливим джерелом надходження біогенних речовин у водну товщу [13–18]. До таких відносяться дефіцит розчиненого кисню і формування анаеробних умов у придонному горизонті водойм, зміна pH і окисно-відновного потенціалу (Eh) водного середовища, температура води, мікробіологічна активність, тип і структура донних відкладів та особливості їхнього компонентного складу, зокрема наявність у ньому сполук Fe(III) , Al(III) , Ca(II) , органічних речовин тощо. Але це вже слід розглядати як внутрішнє навантаження поживними речовинами на водні екосистеми, і саме воно часто пришвидшує рівень евтрофування водних об'єктів. За різними оцінками [19–22], внутрішнє навантаження фосфором, який вивільняється з донних відкладів, в деяких озерах досягає 20–80 % від загального навантаження цим біоелементом.

У малих водоймах урбанізованих територій зі змінами клімату все частіше проявляються такі негативні явища як дефіцит розчиненого кисню і зниження pH та Eh у придонному горизонті води. Зазначені чинники істотним чином впливають на вивільнення біогенних речовин з донних відкладів, передусім, на ту їхню частину, яка чутлива до змін Eh води, що з ними контактує. Зокрема, це стосується оксигідроксидів Fe(III) і Mn(IV) . Відновлення останніх до Fe(II) і Mn(II) сприяє розчиненню оксигідроксидів та вивільненню фосфору з їхнього складу. За низьких показників Eh практично не відбувається окиснення амонійного азоту, у зв'язку з чим він домінує серед інших форм азоту. Одним словом,

відбувається накопичення біогенних речовин у порових розчинах з подальшим дифузним надходженням до водної товщі, а це істотним чином впливає на екологічний стан малих водойм в цілому та на хімічний склад води в них зокрема.

Метою наших досліджень було вивчення просторово-сезонних змін концентрації біогенних речовин у воді озер системи Опечень (м. Київ), встановлення впливу концентрації розчиненого кисню і Eh-потенціалу на вміст $N_{\text{неорг}}$ і співвідношення його різних форм, $P_{\text{неорг}}$ і $Si_{\text{розч}}$, а також дослідження динаміки концентрації зазначених біогенних елементів з глибиною під час формування прямої і зворотної стратифікації.

Матеріали і методи досліджень. Дослідженнями, що проводились протягом 2021 р., було охоплено озера системи Опечень (назви вказані з півночі на південь) – Мінське, Лугове, Пташине, Андріївське, Кирилівське та Йорданське (м. Київ, житловий масив Оболонь). Ці водойми утворилися у колишній заплаві р. Почайни в результаті робіт з наміву території вище згаданого житлового масиву. Озера характеризуються видовженою формою. Їхня довжина коливається від 175 до 1100 м, а довжина берегової лінії знаходиться у межах 0,4–2,7 км. Площа водної поверхні досліджуваних озер варіює від 9 до 192 тис. м², а об'єм, згідно орієнтовних розрахунків – 36–1320 тис. м³. Озера системи Опечень глибоководні, за винятком оз. Пташиного, де найбільша глибина не перевищує 5,0 м. У решти озер максимальна глибина коливається в межах від 11,0 до 15,6 м. [23]. У прибутковій частині їхнього водного балансу переважає схиловий і ґрунтовий стік з площі водозбору 6000 га, а також стічні води промислових підприємств і зливних систем житлових масивів м. Києва – Нивок, Сирця, Виноградаря, Куренівки [24–26]. Так, сумарне надходження стічних і зливних вод досягає 13,2 млн. м³/рік, що у 1,5 рази перевищує об'єм цих озер.

Проби води відбирали в лютому (період зворотної температурної стратифікації), у кінці квітня (початок формування прямої температурної стратифікації), в червні (період стійкої прямої температурної стратифікації) та у вересні (до початку настання осінньої гомотермії) 2021 р. Відбір проб води здійснювали з поверхневого і придонного горизонтів, а також за вертикаллю через кожні 1–2 м, за допомогою модифікованого батометра-склянки [27]. Проби зберігали у поліпропіленових ємностях. Для вилучення завислих речовин використовували мембранну фільтрацію. Для цього проби води об'ємом 1,0–1,5 дм³ пропускали через нітроцелюлозний мембранний фільтр „Fioroni” (КНР) з діаметром пор 0,45 мкм під тиском (~2 атм), який створювався за допомогою установки УК 40–2М. Безпосередньо на місці відбору проб вимірювали температуру води, визначали показник рН та вміст розчиненого кисню за допомогою мультифункціонального приладу AZ-86031 (КНР). Величини Eh-потенціалу вимірювали за допомогою мультифункціонального приладу Ezodo 7200 (Тайвань).

Вміст неорганічних форм азоту і фосфору та розчинного силіцію у фільтратах природної води знаходили фотометричним методом. Концентрацію амонійної, нітритної та нітратної форм азоту визначали відповідно за методиками з використанням сегнетової солі та реактиву Несслера, реактиву Грісса та саліцилату натрію, неорганічного фосфору – молібдату амонію у сильноокислому середовищі (рН 0,80–0,95) за наявності аскорбінової кислоти як відновника, а силіцію – у вигляді синьої (відновленої) форми силіціймолібденової гетерополікислоти із використанням метол-сульфитної суміші [10].

Результати досліджень та їхнє обговорення. У воді озер системи Опечень вміст розчиненого кисню і величина Eh-потенціалу знаходились у широких межах – відповідно 0–16,2 мг/дм³ і -129÷295 мВ (рис.1). Слід зазначити, що у придонному горизонті води цих озер спостерігались перехідні окисно-відновлювальні та відновлювальні умови протягом усього досліджуваного періоду, що підтверджується низькими величинами Eh-потенціалу (-129÷69 мВ) та дефіцитом розчиненого кисню (0–5,4 мг/дм³ і 0–44% насичення). Взимку зазначені умови спостерігались не лише біля дна, а також в усій водній товщі озер (O_2 – 2,0–4,3 мг/дм³; Eh – -129÷66 мВ). Водночас, у поверхневому шарі води з весни до осені, навпаки, спостерігався достатній вміст кисню та перенасичення ним води (12,1–16,2 мг/дм³ і 107–175% насичення). Такі зміни окисно-відновлювальних умов безумовно позначились на просторовій і сезонній динаміці вмісту та форм знаходження неорганічного азоту і фосфору, про що йтиметься далі.

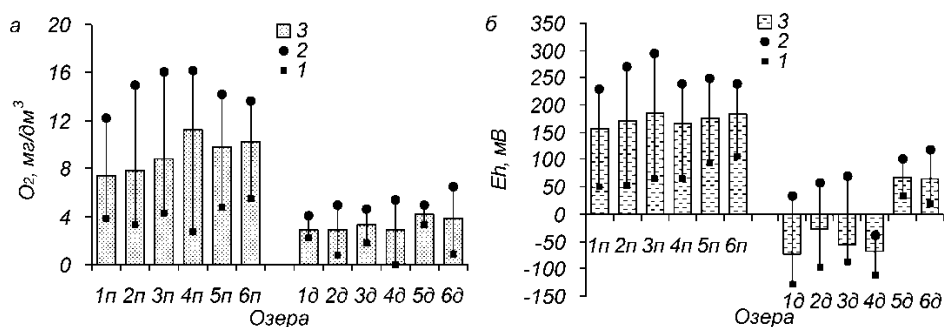


Рис. 1. Граничні (1, 2) і середні (3) величини вмісту розчиненого кисню (а) і Eh-потенціалу (б) у воді озер системи Опечень (2021 р.): Тут і на рис. 2 і 3: 1 – Мінське, 2 – Лугове, 3 – Пташине, 4 – Андріївське, 5 – Кирилівське, 6 – Йорданське; п і д – поверхневий і придонний горизонти

Вміст NH_4^+ у воді озер системи Опечень зазнає як сезонних змін, так і з глибиною. У період досліджень його концентрація у поверхневому горизонті води озер знаходилась у межах від 0 до $1,666 \text{ мг N/дм}^3$, досягаючи мінімальних величин влітку ($0,040\text{--}0,090 \text{ мг N/дм}^3$) і максимальних взимку ($0,706\text{--}1,666 \text{ мг N/дм}^3$) (рис. 2). Концентрація NH_4^+ у придонному горизонті води коливалась у ширшому інтервалі ($0,207\text{--}13,17 \text{ мг N/дм}^3$) і досягала максимальних величин восени, перед початком осінньої гомотермії (див. рис. 2). Взимку вона становила $0,762\text{--}3,231 \text{ мг N/дм}^3$ і була найнижчою порівняно з іншими сезонами. Отже, концентрація амонійного азоту у поверхневому горизонті води завжди була меншою, ніж біля дна. Якщо взимку, під час зворотної температурної стратифікації ця різниця становила лише 1,1–2,2 рази, то під час прямої температурної і кисневої стратифікації вона вже становила 2–184 рази навесні, 31–78 рази влітку і 4–22 рази восени. Зниження концентрації NH_4^+ у поверхневому горизонті води зумовлене його асиміляцією вищою водною рослинністю і фітопланктоном. Водночас, зростання вмісту NH_4^+ поблизу дна відбувається внаслідок його надходження з донних відкладів під час формування дефіциту розчиненого кисню і порушення конвективного перемішування води, що знаходиться нижче термокліну.

Концентрація NO_2^- в озерах Опечень протягом досліджуваного періоду знаходилась у межах $0,006\text{--}0,186 \text{ мг N/дм}^3$ (див. рис. 2). Найвищі концентрації цієї форми азоту характерні для 2–5-го озер взимку та влітку. У більшості випадків їхня концентрація перевищувала $0,020 \text{ мг N/дм}^3$, що відповідає граничнодопустимій концентрації для водойм рибогосподарського призначення [28].

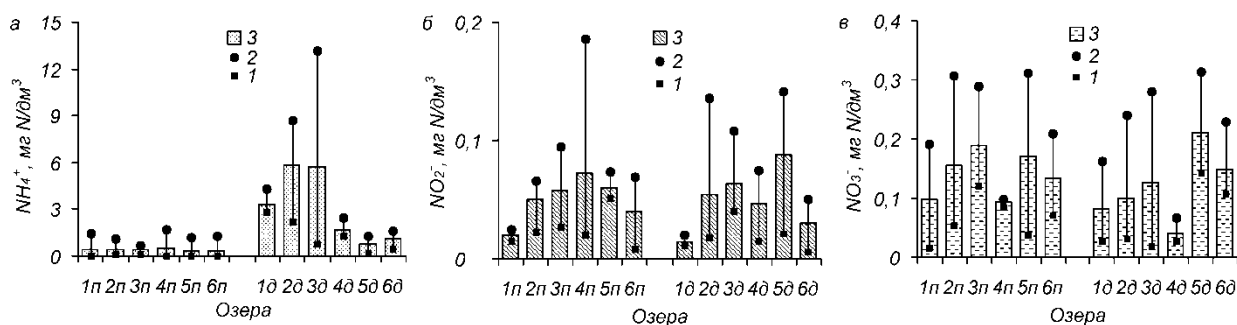


Рис. 2. Граничні (1, 2) і середні (3) величини концентрації амонійного азоту (а), нітрит-йонів (б) і нітрат-йонів (в) у воді озер системи Опечень (2021 р.)

Вміст NO_3^- коливався у межах $0,016\text{--}0,314 \text{ мг N/дм}^3$ (див. рис. 2). Мінімальні концентрації $0,016\text{--}0,142 \text{ мг N/дм}^3$ припадають на літню пору року, що зумовлено споживанням цієї форми азоту рослинними організмами. Зазвичай, концентрація NO_3^- -йонів у воді поблизу дна була нижчою, ніж у поверхневому горизонті. Це зумовлено дефіцитом розчиненого кисню, внаслідок чого нітрат-йони відновлюються до нітрит-йонів і амонійного азоту як хімічним шляхом, так і за участю денітрифікуючих бактерій.

Встановлено, що серед досліджуваних озер системи Опечень найбільша частка NO_2^- і NO_3^- -йонів у придонному шарі води була характерною для озер Кирилівського і Йорданського, що зумовлено кращим кисневим режимом в них, оскільки процеси нітрифікації відбуваються вже за концентрації кисню, що перевищує 2 мг/дм^3 , а денітрифікації, навпаки, нижче $\sim 1,5 \text{ мг/дм}^3$ [29].

Концентрація $N_{\text{неорг}}$ в цілому також зазнавала як сезонних змін, так і з глибиною, як і у випадку з амонійним азотом. Максимальний його вміст у воді поверхневого горизонту взимку становив $1,088\text{--}1,936 \text{ мг N/дм}^3$, а в інші пори року – $0,103\text{--}0,864 \text{ мг N/дм}^3$ (рис. 3).

У придонному горизонті води максимальна концентрація $N_{\text{неорг}}$, навпаки, була у весняно-осінній період. Вміст $P_{\text{неорг}}$ у воді озер системи Опечень у період досліджень знаходився у межах $0,010\text{--}3,121 \text{ мг P/дм}^3$ (див. рис. 3). Якщо взимку його концентрація у поверхневому і придонному горизонтах води була майже однаковою, то під час формування прямої температурної стратифікації спостерігалось істотне її зниження у поверхневому шарі води за рахунок споживання біотою. Водночас, поблизу дна, навпаки, спостерігається істотне зростання його вмісту за рахунок надходження з донних відкладів до води за умови дефіциту розчиненого кисню. Серед озер системи Опечень найбільш забрудненими неорганічним азотом і фосфором виявились озера Мінське, Лугове і Пташине (див. рис. 3).

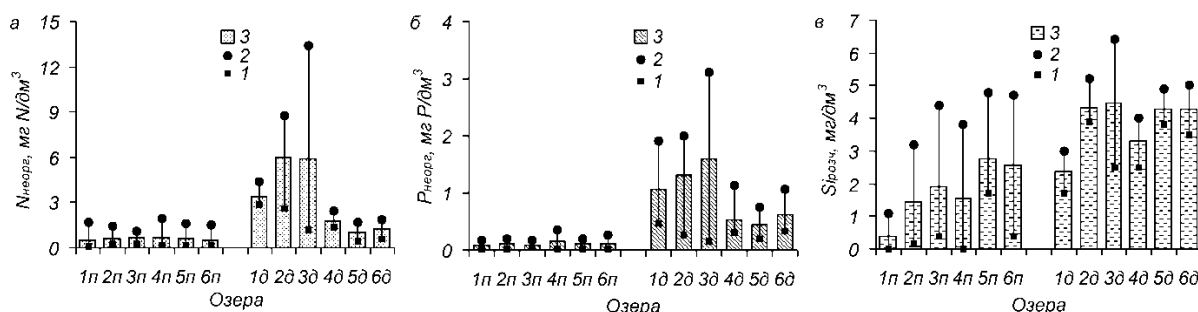


Рис. 3. Граничні (1, 2) і середні (3) величини концентрації неорганічного азоту (а), неорганічного фосфору (б) і розчинного силіцію (в) у воді озер системи Опечень (2021 р.).

Зміна концентрації неорганічного азоту і фосфору вплинула на відношення N:P у воді озер системи Опечень, яке протягом періоду досліджень змінювалось від 0,6 до 19,0. У середньому відношення N:P зменшувалось від зими до осені у межах $7,2\text{--}2,6$, що вказує на зростання у воді концентрації фосфору відносно азоту та формування сприятливих умов для розвитку синьозелених водоростей.

Концентрація $Si_{\text{розч}}$ у воді озер системи Опечень коливалась від $0,03$ до $6,4 \text{ мг/дм}^3$ (див. рис. 3). Як і у випадку з $P_{\text{неорг}}$, найбільша різниця між вмістом $Si_{\text{розч}}$ у поверхневому і придонному горизонтах характерна для періоду формування прямої температурної стратифікації. Найнижчі концентрації $Si_{\text{розч}}$ було виявлено навесні у поверхневому горизонті води озер Мінського та Андріївського. Максимальний вміст $Si_{\text{розч}}$ спостерігався у воді придонного горизонту восени і взимку. Такі сезонні коливання $Si_{\text{розч}}$ зумовлені його особливостями як важливого хімічного елемента для розвитку і життєдіяльності фітопланктону, зокрема діатомових водоростей [30].

Отже, взимку слід очікувати більш рівномірного розподілу вмісту біогенних речовин з глибиною. Під час формування прямої температурної стратифікації (весняно-осінній період) спостерігається зниження їхньої концентрації у поверхневому горизонті води над термокліном і, навпаки, істотне зростання вмісту нижче термокліну, зокрема поблизу дна.

Для з'ясування впливу концентрації розчиненого кисню на співвідношення неорганічних форм азоту нами було проведено дослідження щодо наявності лінійного зв'язку між зазначеними показниками. Встановлено, що за рівня значущості $0,01$ коефіцієнт кореляції між концентрацією розчиненого кисню і відносним вмістом NH_4^+ , NO_2^- і NO_3^- -йонів становив відповідно $-0,88$, $0,08$ і $0,88$ у 2016 р. та $-0,79$, $0,60$ і $0,78$ у 2021 р (рис. 4). Відомо, що у водних об'єктах окиснення NH_4^+ до NO_2^- і NO_3^- -йонів відбувається

не лише хімічним шляхом, але й за участі нітрифікуючих бактерій. Окиснення NH_4^+ до NO_3^- -іонів у воді озер Опечень протягом 2016 р. відбувалось без суттєвого зростання частки NO_2^- -іонів (менше 4% $N_{\text{неорг}}$), а у 2021 р. їхня частка була значно вищою 20–50% $N_{\text{неорг}}$. Як видно з отриманих графіків, за концентрації розчиненого кисню $\leq 4 \text{ мг/дм}^3$ частка амонійного азоту становила $\geq 80\%$ $N_{\text{неорг}}$. За подальшого зростання вмісту кисню частка амонійного азоту знижується до 20–40%, а відносний вміст нітрат-іонів, навпаки, зростає до 60% $N_{\text{неорг}}$ (див. рис. 4). У зв'язку з цим, концентрація розчиненого кисню, напевно, також впливає на вміст неорганічного азоту. Встановлено, що між цими показниками існує взаємозв'язок, але він нелінійного характеру (рис. 5). У 2016 р. лінія тренду відповідала поліноміальній кривій, а у 2021 р. – експоненціальній кривій (див. рис. 5).

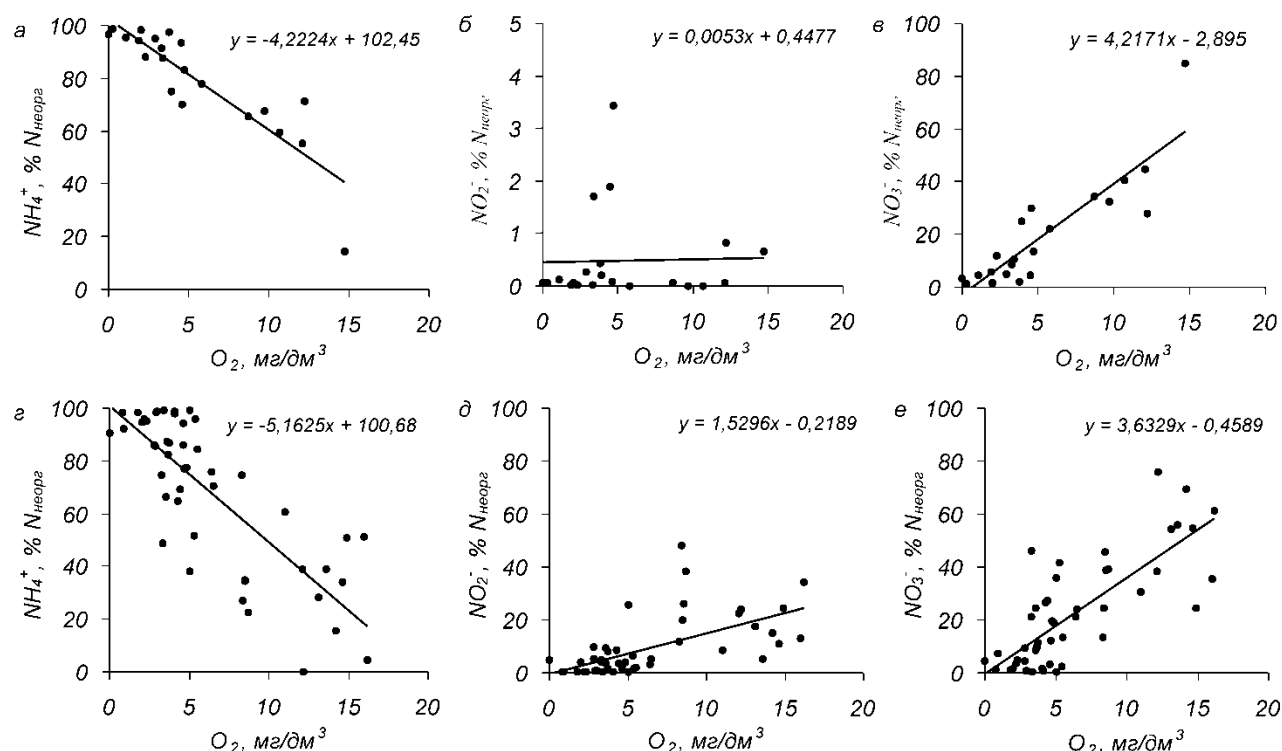


Рис. 4. Взаємозв'язок між концентрацією розчиненого кисню і часткою амонійного азоту (а, г), нітрит- (б, д) і нітрат-іонів (в, е) у воді озер системи Опечень протягом 2016 р. (а, б, в) і 2021 р. (г, д, е)

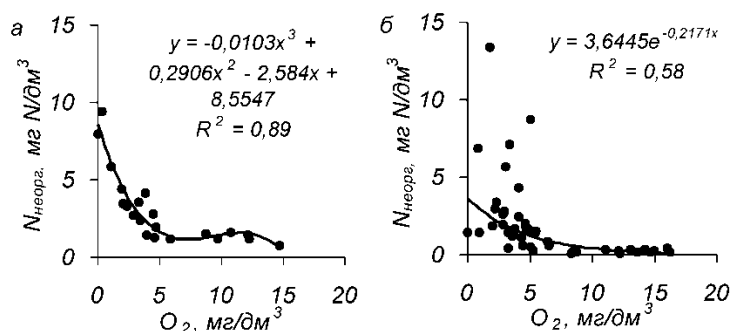


Рис. 5. Взаємозв'язок між концентрацією розчиненого кисню і вмістом неорганічного азоту у воді озер системи Опечень протягом весняно-літнього періоду 2016 р. (а) і протягом 2021 р. (б)

Величина апроксимації у першому і другому випадках становила 0,90 і 0,58. Згідно шкали Чеддока, ці величини вказують на наявність відповідно високої і відчутної сили зв'язку. Відсутність лінійного зв'язку між зазначеними показниками вказує, що на вміст

також впливають і інші чинники. Відомо, що у поверхневому шарі води зростання концентрації розчиненого кисню зумовлене фотосинтезом фітопланктону і вищої водної рослинності, а зниження вмісту неорганічного азоту – його асиміляцією останніми. Водночас, за дефіциту розчиненого кисню поблизу дна спостерігається зростання концентрації неорганічного азоту за рахунок надходження з донних відкладів. Отримані криві свідчать про те, що за концентрації розчиненого кисню ≤ 4 мг/дм³ істотно зростає не лише вміст неорганічного азоту, а й частка амонійного азоту (див. рис. 4, 5).

Встановлено, що кисневий режим також впливає на вміст $P_{\text{неорг}}$. Взаємозв'язок між цими показниками нелінійного характеру як і у випадку неорганічного азоту. Величина апроксимації лінії тренду у весняно-літній період 2015 р., 2016 р. і 2021 р. відповідно становила 0,69, 0,83 і 0,79. Згідно шкали Чеддока, ці величини вказують на наявність між досліджуваними показниками високої сили зв'язку (рис. 6). Отже, зниження вмісту розчиненого кисню нижче 4–5 мг/дм³ спонукає до істотного зростання концентрації $P_{\text{неорг}}$, що, в свою чергу, характерно для придонного горизонту води. Зниження концентрації $P_{\text{неорг}}$ у воді поверхневого горизонту зумовлене його асиміляцією рослинними організмами.

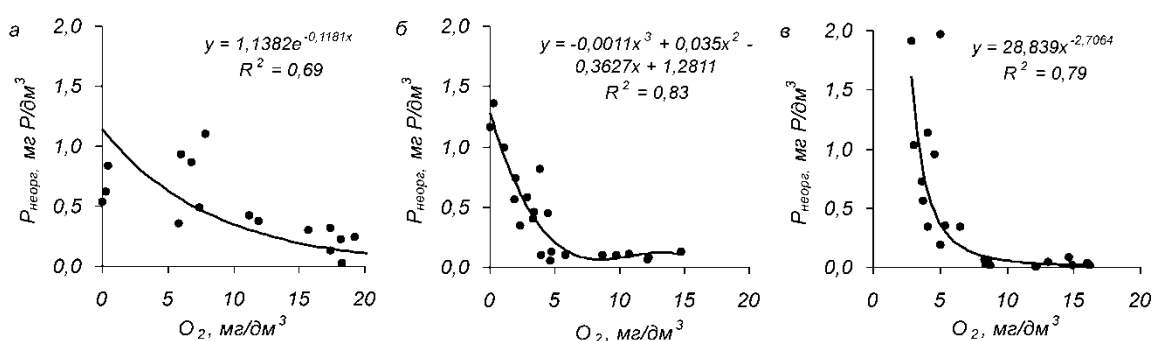


Рис. 6. Взаємозв'язок між концентрацією розчиненого кисню і вмістом неорганічного фосфору у воді озер системи Опечень протягом весняно-літнього періоду 2015 р. (а), 2016 р. (б) і 2021 р. (в)

У випадку з $Si_{\text{розч}}$ нами було виявлено лінійний зв'язок між концентрацією розчиненого кисню і його вмістом. Однак, коефіцієнт кореляції за рівня значущості 0,01 становив лише -0,54 і -0,66 відповідно у 2015 р. і 2021 р., що свідчить про наявність середнього кореляційного зв'язку. Водночас, згідно раніше отриманих результатів досліджень, нами встановлено, що міграція $Si_{\text{розч}}$ з донних відкладів до водної товщі не залежить від умісту розчиненого кисню [31]. Натомість, концентрація $Si_{\text{розч}}$ у поверхневому горизонті води зазнавала змін під час вегетації діатомових водоростей [30, 32]. Тому отримана нами залежність зумовлена, насамперед, зростанням вмісту розчиненого кисню у воді за рахунок фотосинтезу, а зниження концентрації $Si_{\text{розч}}$ відбувається в результаті його асиміляції діатомовими водоростями.

До важливих показників гідрохімічного стану поверхневих водних об'єктів належить Eh-потенціал, який надає інформацію щодо домінування окиснювальних або відновлювальних умов у водному середовищі. Зазначені умови безпосередньо впливають на форми знаходження хімічних елементів зі змінним ступенем окиснення (у нашому випадку до них належить азот). Встановлено, що серед біогенних сполук Eh-потенціал впливає лише на вміст неорганічного азоту і фосфору, але цей взаємозв'язок нелінійного характеру. Величини апроксимації лінії тренду для $N_{\text{неорг}}$ і $P_{\text{неорг}}$ становили відповідно 0,61 і 0,64, що вказують на наявність між досліджуваними показниками відчутної сили зв'язку згідно шкали Чеддока (рис. 7). У випадку $P_{\text{неорг}}$, вплив Eh-потенціалу опосередковано зумовлений розчиненням оксигідроксидів феруму і мангану за відновлювальних умов, внаслідок чого фосфор вивільняється з їхнього складу. Натомість для $Si_{\text{розч}}$ величина апроксимації лінії тренду досягала лише 0,27, що свідчить про слабку силу зв'язку і відсутність впливу Eh-потенціалу як безпосередньо, так і опосередковано на вміст $Si_{\text{розч}}$ (див. рис. 7).

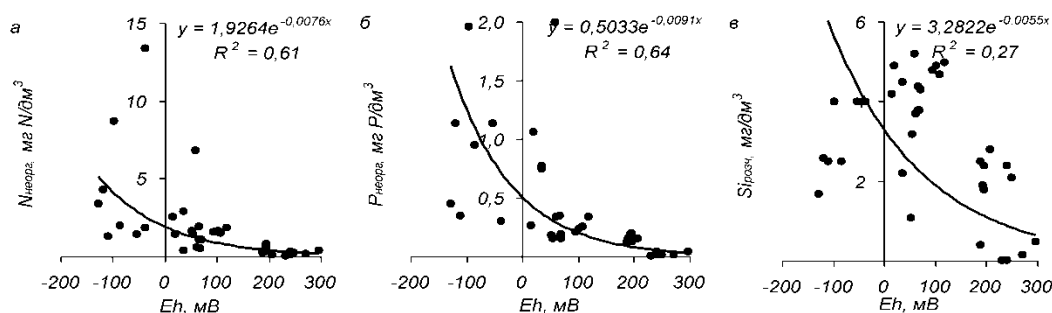


Рис. 7. Взаємозв'язок між Eh-потенціалом і вмістом неорганічного азоту (а), неорганічного фосфору (б) і розчинним силіцієм (в) у воді озер системи Опечень протягом 2021 р.

Висновки. Розташування поверхневих водних об'єктів у межах великих міст має низку негативних явищ, серед яких евтрофування посідає провідне місце. У м. Києві до таких водних об'єктів відносяться озера системи Опечень. Ці водойми приймають значну кількість стічних і зливових вод, з якими надходять, зокрема, і біогенні речовини. Для озер системи Опечень характерне поступове зниження концентрації $N_{\text{неорг}}$ і $P_{\text{неорг}}$ у воді вниз за течією від верхніх трьох озер до нижнього. Це свідчить про те, що каскадне розташування озер зумовлює поступове вилучення біогенних речовин, які надходять до них з водозбору як за рахунок асиміляції рослинними організмами, так і через їхню акумуляцію у складі донних відкладів. Саме тому за дефіциту розчиненого кисню і відновлювальних умов, які формуються, донні відклади в озерах Опечень стають джерелом вторинного забруднення води різноманітними хімічними речовинами. Встановлено, що вміст розчиненого кисню і величина Eh-потенціалу впливають на концентрацію $N_{\text{неорг}}$ і $P_{\text{неорг}}$ у воді, але взаємозв'язок між цими показниками має нелінійний характер. Сприятливі умови для надходження неорганічного азоту і фосфору з донних відкладів формуються за концентрації розчиненого кисню $\leq 4 \text{ мг/дм}^3$ і величини Eh-потенціалу $\leq 100 \text{ мВ}$. За цих умов серед неорганічних форм азоту домінує його амонійна форма, частка якої перевищує 80% $N_{\text{неорг}}$. При зростанні концентрації кисню частка амонійного азоту знижується, а відносний вміст нітрит- і нітрат-іонів, навпаки, зростає. Вміст $Si_{\text{розч}}$ зумовлений сезонними особливостями розвитку діатомових водоростей, а кисневий режим і величина Eh-потенціалу не впливають на його концентрацію.

Вивільнення біогенних елементів з донних відкладів водойм урбанізованої території, у тому числі й озер системи Опечень, – це внутрішнє додаткове навантаження поживними речовинами на їхні екосистеми, яке призводить до зростання рівня евтрофування з відповідними негативними наслідками. В умовах кліматичних змін, що відбуваються тепер і відбуватимуться у майбутньому, слід очікувати його посилення, якщо не вживати заходів з метою „оздоровлення” таких водних об'єктів. Впливає це з того, що малі водні об'єкти – найбільш уразливі до кліматичних змін. Серед дієвих засобів зниження рівня евтрофування досліджуваних озер важливого значення набуває недопущення потрапляння до них неочищених стічних вод, вилучення забруднених мулистих донних відкладів та використання штучної аерації для покращення кисневого режиму, особливо у верхніх чотирьох озерах. Безперечно, ці заходи могли б бути ефективними у покращенні самоочисної здатності озер системи Опечень та їхньому оздоровленні.

Список літератури

1. Trottet A., George C., Drillet G., Lauro F.M. Aquaculture in coastal urbanized areas: A comparative review of the challenges posed by harmful algal blooms // Environ. Sci. Technol. 2022. Vol. 52, N 16. P. 2888–2929.
2. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. 2001. 444 с.
3. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования (перевод с англ. яз). Ленинград: Гидрометеиздат. 1990. 280 с.
4. Camargo J.A., Alonso A. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment // Environ. Int. 2006. Vol. 32. P. 831–849.

5. Carpenter S.R., Caraco N.F., Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen // *Ecol. Appl.* 1998. Vol. 8, N 3. P. 559–568.
6. Rathore S.S., Chandravanshi P., Chandravanshi A. Jaiswal K. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on aquatic ecosystem // *IOSR J. Agri. Veter. Sci.* 2016. Vol. 9, N 3. P. 89–96.
7. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. 240 с.
8. Глазовская М.А., Добровольская Н.Г. Геохимические функции микроорганизмов. Москва, Изд-во МГУ, 1984. 152 с.
9. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / В.І. Осадчий та ін. Київ: Ніка-Центр, 2013. 240 с.
10. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ: Наук. думка, 2007. 456 с.
11. Sobczyński T. The effects of abiotic conditions on release of biogenic substances from bottom sediments // *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 2009. Vol. 38, N 1. P. 45–53.
12. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: справочник в 6 кн. Кн. 2. Главные р-элементы. Москва: Недра, 1994. 303 с.
13. Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. Киев: Наук. думка, 1987. 164 с.
14. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А.И. Денисова и др. Киев: Наук. думка, 1989. 216 с.
15. Линник П.М., Морозова А.О. Десорбція сполук азоту, фосфору і заліза з донних відкладів за дії різних чинників // *Гідрологія, гіdroхімія і гідроекологія. Наук. збірник.* 2006. Т. 10. С. 73–81.
16. Wu Y., Wen Y., Zhou J., Wu Y. Phosphorus release from lake sediments: Effects of pH, temperature and dissolved oxygen // *KSCE Journal of Civil Engineering.* 2013. Vol. 18, N 1. P. 323–329.
17. Nazari-Sharabian M., Ahmad S., Karakouzian M. Climate change and eutrophication: a short review // *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.* 2018. Vol. 8, N 6. P. 3668–3672.
18. Kowalczywska-Madura K., Dondajewska R., Góldyn R., Kozak A., Messyas B. Internal phosphorus loading from the bottom sediments of a dimictic lake during its sustainable restoration // *Water Air Soil Pollut.* 2018. Vol. 229. Article number 280. 18 p.
19. Larsen D.P., Schults D.W., Malereg K.W. Summer internal phosphorus supplies in Shagawa Lake, Minnesota // *Limnol. Oceanogr.* 1981. Vol. 26. P. 740–753.
20. Lee J.-K., Oh J.-M. A study on the characteristics of organic matter and nutrients released from sediments into agricultural reservoirs // *Water.* 2018. Vol. 10. Article number 980. 17 p.
21. Penn M.R., Auer M.T., Doerr S.M., Driscoll C.T., Brooks C.M., Effler S.W. Seasonality in phosphorus release rates from the sediments of a hypereutrophic lake under a matrix of pH and redox conditions // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2000. Vol. 57, N 5. P. 1033–1041.
22. Steinman A., Chu X., Ogdahl M. Spatial and temporal variability of internal and external phosphorus loads in Mona Lake, Michigan // *Aquat. Ecol.* 2009. Vol. 43. P. 1–18.
23. Жежеря В.А., Задорожна Г.М., Батог С.В., Жежеря Т.П. Гідроекологічна характеристика озер системи Олечень (м. Київ) // *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: збірник матеріалів III наук.-практ. конф. для молодих вчених (м. Київ, 6–7 жовтня 2016 р.).* Київ. 2016. С. 20–23.
24. Батог С.В. Еколого-гідрологічна характеристика водойм міста Києва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата геогр. наук. Київ. 2018. 20 С.
25. Афанасьев С.А. Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов города Киева. Вестник экологии, 1996, № 1–2. С. 112–118.
26. Гидроэкологические проблемы внутренних водоемов Украины / С.А. Афанасьев и др. Киев: Наук. думка, 1991. С. 98–109.
27. Пат. 75995 Україна, МПК⁵¹ (2012.01) G 01 N 1/00 Модифікований батометр-склянка: винахідник Жежеря В.А., власник Інститут гідробіології НАН України. № у 2012 05246; заяв. 27.04.12; опубл. 25.12.12, Бюл. № 24.
28. Алтунин В.С., Белавцева Т.М. Контроль качества воды: справочник. Москва: Колос, 1993. 367 с.
29. Рябов А.К., Сиренко Л.А. Искусственная аэрация природных вод. Киев: Наук. думка, 1982. 204 с.
30. Zhezherya T.P., Zadorozhnaya A.M., Linnik P.N. The content and forms of silicon occurrence in the water of the Kanev Reservoir and their dependence on phytoplankton development // *Hydrobiol. J.* 2014. V. 50, № 4. P. 100–109.
31. Линник П.Н., Жежеря В.А., Жежеря Т.П. Миграция химических элементов в системе “донные отложения – вода” поверхностных водоемов при воздействии различных факторов среды // *Экологическая химия.* 2016. Т.25, №4. С. 223–241.
32. Linnik P.N., Zhezherya T.P., Shelyuk Y.S., Zhezherya V.A. Peculiarities of chemical elements migration and phytoplankton development in the reservoirs of the Teterev river // *Hydrobiol. J.* 2016. Vol. 52, N 5. P. 93–107.

References

1. Trotter A., George C., Drillet G., Lauro F.M. Aquaculture in coastal urbanized areas: A comparative review of the challenges posed by harmful algal blooms // *Environ. Sci. Technol.* 2022. Vol. 52, N 16. P. 2888–2929.
2. Nikanorov A.M. *Gidrokimiya: Uchebnik. 2-ye izd., pererab. i dop.* [Hydrochemistry: A Textbook.] Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat. 2001. 444 s.
3. Khenderson-Sellers B., Marklind Kh.R. Umirayushchiye ozero. Prichiny i kontrol' antropogennogo evtirovaniya (perevod s angl. yaz) [Dying lakes. Causes and control of anthropogenic eutrophication]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1990. 280 s.
4. Camargo J.A., Alonso A. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment // *Environ. Int.* 2006. Vol. 32. P. 831–849.
5. Carpenter S.R., Caraco N.F., Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen // *Ecol. Appl.* 1998. Vol. 8, N 3. P. 559–568.
6. Rathore S.S., Chandravanshi P., Chandravanshi A., Jaiswal K. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on aquatic ecosystem // *IOSR J. Agri. Veter. Sci.* 2016. Vol. 9, N 3. P. 89–96.
7. Zenin A.A., Belousova N.V. *Gidrokhimicheskiy slovar'* [Hydrochemical Dictionary]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1988. 240 s.
8. Glazovskaya M.A., Dobrovol'skaya N.G. *Geokhimicheskiye funktsii mikroorganizmov* [Geochemical functions of microorganisms]. Moskva: Izd-vo MGU. 1984. 152 s.
9. Protses formuvannya khimichnogo skladu poverkhnevyykh vod. [Processes determining surface water chemistry] / V.I. Osadchyi ta in. Kyiv: Nika-Tsent, 2013. 240 s.
10. Nabyvanets B.Y., Osadchyi V.I., Osadcha N.M., Nabyvanets Yu.B. *Analichna khimiya poverkhnevyykh vod* [Analytical chemistry of surface waters]. Kyiv: Naukova dumka. 2007. 456 s.
11. Sobczyński T. The effects of abiotic conditions on release of biogenic substances from bottom sediments // *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 2009. Vol. 38, N 1. P. 45–53.
12. Ivanov V.V. *Ekologicheskaya geokhimiya elementov: Spravochnik: v 6 kn.* [Ecological Geochemistry of the Elements: A Handbook: In 6 Books]. [pod red. E.K. Burenkova]. Moskva: Nedra. 1994. Kn. 2: Glavnyye p-elementy. 303 s.
13. Denisova A.I., Nakhshina E.P., Novikov B.I., Ryabov A.K. Donnye otlozheniya vodokhranilishch i ih vliyanie na kachestvo vody [Bottom sediments of reservoirs and their impact on water quality]. Kiev: Nauk. dumka, 1987. 164 s.
14. *Gidrologiya i gidrokimiya Dnepra i ego vodokhranilishch* [Hydrology and hydrochemistry of the Dnieper and its reservoirs] / A.I. Denisova i dr. Kiev: Nauk. dumka, 1989. 216 s.
15. Lynnyk P.M., Morozova A.O. Desorbtisia spoluk azotu, fosforu i zaliza z donnykh vidkladiv za dii riznykh chynnykiv [Desorption of nitrogen, phosphorus and iron compounds from bottom sediments by various factors]. *Hidrolohiia, gidrokimiia i hidroekolohiia. Nauk. zbirnyk.* 2006. T. 10. S. 73–81.
16. Wu Y., Wen Y., Zhou J., Wu Y. Phosphorus release from lake sediments: Effects of pH, temperature and dissolved oxygen // *KSCE Journal of Civil Engineering.* 2013. Vol. 18, N 1. P. 323–329.
17. Nazari-Sharabian M., Ahmad S., Karakouzian M. Climate change and eutrophication: a short review. *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.* 2018. Vol. 8, N 6. P. 3668–3672.
18. Kowalczywska-Madura K., Dondajewska R., Goldyn R., Kozak A., Messyas B. Internal phosphorus loading from the bottom sediments of a dimictic lake during its sustainable restoration // *Water Air Soil Pollut.* 2018. Vol. 229. Article number 280. 18 p.
19. Larsen D.P., Schults D.W., Malereg K.W. Summer internal phosphorus supplies in Shagawa Lake, Minnesota // *Limnol. Oceanogr.* 1981. Vol. 26. P. 740–753.
20. Lee J.-K., Oh J.-M. A study on the characteristics of organic matter and nutrients released from sediments into agricultural reservoirs // *Water.* 2018. Vol. 10. Article number 980. 17 p.
21. Penn M.R., Auer M.T., Doerr S.M., Driscoll C.T., Brooks C.M., Effler S.W. Seasonality in phosphorus release rates from the sediments of a hypereutrophic lake under a matrix of pH and redox conditions // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2000. Vol. 57, N 5. P. 1033–1041.
22. Steinman A., Chu X., Ogdahl M. Spatial and temporal variability of internal and external phosphorus loads in Mona Lake, Michigan // *Aquat. Ecol.* 2009. Vol. 43. P. 1–18.
23. Zhezhera V.A., Zadorozhna H.M., Batoh S.V., Zhezhera T.P. *Hidroekolohichna kharakterystyka ozer systemy Opechen (m. Kyiv). [Hydroecological characteristics of lakes of the Opechen system (Kyiv city)]* // *Suchasna hidroekolohiia: mistse naukovykh doslidzhen u vyryshenni aktualnykh problem: zbirnyk materialiv III nauk.-prakt. konf. dlia molodykh vchenykh (m. Kyiv, 6–7 zhovtnia 2016 r.).* Kyiv. 2016. S. 20–23.
24. Batoh S.V. *Ekoloho-hidrolohiichna kharakterystyka vodoim mista Kyieva: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kandydata heohr. nauk.* Kyiv. 2018. 20 s.
25. Afanasyev S.A. *Kharakteristika gidrobiologicheskogo sostoyaniya raznotipnykh vodoyemov goroda Kyieva [Characteristics of the hydrobiological state of different types of water bodies in the city of Kyiv].* *Vestnik ekologii.* 1996, N 1–2. S. 112–118.
26. *Gidroekologicheskie problemy vnutrennih vodoemov Ukrainy [Hydroecological problems of inland water bodies of Ukraine]* / S.A. Afanasyev i dr. Kiev: Nauk. dumka, 1991. S. 98–109.

27. Pat. 75995 Ukraina, MPK51 (2012.01) G 01 N 1/00 Modyfikovanyi batometr-sklianka: vynakhidnyk Zhezheria V.A., vlasnyk Instytut hidrobiolohii NAN Ukrainy. № u 2012 05246; zaiav. 27.04.12; opubl. 25.12.12, Biul. № 24.
28. Altunin V.S., Belavtseva T.M. Kontrol kachestva vody: spravochnik [Water quality control: a handbook]. Moskva: Kolos, 1993. 367 s.
29. Ryabov A.K., Sirenko L.A. Iskusstvennaya aeratsiya prirodnykh vod [Artificial aeration of natural waters]. Kiev: Nauk. dumka. 1982. 204 s.
30. Zhezheria T.P., Zadorozhnaya A.M., Linnik P.N. The content and forms of silicon occurrence in the water of the Kanev Reservoir and their dependence on phytoplankton development // Hydrobiol. J. 2014. V. 50, № 4. P. 100–109.
31. Linnik P.N., Zhezheria V.A., Zhezheria T.P. Migratsiya khimicheskikh elementov v sisteme "donnyye otlozheniya – voda" poverkhnostnykh vodoyemov pri vozdeystvii razlichnykh faktorov sredy // Ekologicheskaya khimiya. 2016. T.25, N 4. S. 223–241.
32. Linnik P.N., Zhezheria T.P., Shelyuk Y.S., Zhezheria V.A. Peculiarities of chemical elements migration and phytoplankton development in the reservoirs of the Teterev river // Hydrobiol. J. 2016. Vol. 52, N 5. P. 93–107.

Migration of biogenic elements from bottom sediments as an additional internal load of nutrients on the water bodies of the urban area

Zhezheria T.P., Zhezheria V.A., Linnik P.M.

There were investigated the seasonal and spatial dynamics of the content of nutrients in the lakes of the Opechen' system. It has been established that the content of nutrients in reservoirs of the urbanized territory, in addition to the external load, depends significantly on their migration from the bottom sediments under oxygen deficiency and reduction conditions. The concentration of dissolved oxygen and the value of the redox potential were within 0–16.2 mg/dm³ and -129±295 mV. Dissolved oxygen deficiency (0–5.4 mg/dm³ and 0–44% saturation) and transitional redox or reduction conditions (-129±69 mV) in the water of the bottom horizon were observed throughout the year. The increase in the concentration of dissolved oxygen (12.1–16.2 mg/dm³ and 107–175% saturation) occurred only in the surface water horizon during the spring-autumn period. The concentration of ammonium nitrogen, nitrite and nitrate ions varied within 0–13.17, 0.006–0.186 and 0.016–0.142 mg N/dm³. The content of inorganic phosphorus and dissolved silicon reached 0.010–3.121 mg P/dm³ and 0.03–6.4 mg/dm³. The concentration of ammonium nitrogen, inorganic nitrogen, inorganic phosphorus and dissolved silicon near the bottom was always higher than in the water of the surface horizon. This is due to the formation of oxygen deficiency, transitional redox or reduction conditions, which increase the migration of nutrients from bottom sediments. The N:P ratio decreased from winter to autumn on average in the range of 7,2–2,6, which indicates an increase in the concentration of phosphorus in the water relative to nitrogen and the formation of favorable conditions for the development of blue-green algae. Favorable conditions for the supply of inorganic nitrogen and phosphorus from the bottom sediments are formed when the concentration of dissolved oxygen is ≤4 mg/dm³ and the value of the redox potential is ≤100 mV. It was established that the concentration of oxygen and the value of the redox potential affect the content of inorganic nitrogen and phosphorus, but the relationship between the studied indicators is nonlinear. The oxygen regime and the value of the redox potential don't affect the content of dissolved silicon, and its concentration depends on the seasonal features of the development of diatoms.

Keywords: nutrients, bottom sediments, state of the oxygen regime, redox (Eh) potential, lakes of the Opechen' system.

Надійшла до редколегії 11.07.2022

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.5>

UDC 551.509.313

Shpyg V.M., Shcheglov O.A.

Ukrainian Hydrometeorological Institute State Emergency Service of Ukraine and National Academy of Science of Ukraine, Kyiv

INFLUENCE OF LAND USE CATEGORIES ON WRF FORECAST AND ITS ACCURACY

In this research analysis of possibilities and methods of correction or reclassification of land use and land cover data, obtained modeling effects of using more accurate land use and land cover data and estimations of improvements of surface meteorological parameters simulations by mesoscale numerical atmospheric prediction (NWP) model. For the Kyiv region area, it is shown that the default WRF land use and land cover datasets are not ideal and contain various types of inaccuracies. Thus, compared to USGS, MODIS IGBP is characterized by a better spatial resolution, more correctly describing the urban built-up territories, forest areas and the Dnipro riverbed, but MODIS IGBP does not display small settlements. Analysis of other researches had shown that most of the reviewed studies are based on the case study approach, namely on an analysis of a small number of specific simulations. The disadvantage of this approach is that the sample size from which conclusions can be drawn is insignificant, so it is useful to compare similar studies for the consistency of the obtained results. The most consistent conclusions regarding the simulation improvement by the land use and land cover modification in the WRF model are related to the parameters of air temperature and humidity. Thus, the usage of more accurate and up-to-date land use and land cover databases in WRF simulations made it possible to reduce bias of forecasts and improved the accuracy of minimum and maximum daily temperature forecasts. The most significant improvement in the performed forecasts concerns the night temperature. The second parameter that were most often able to predict better is relative humidity. Improvement of simulated wind parameters using another land use and land cover dataset in the WRF model may be possible in urban areas and near the coast, especially as improving description of breeze circulation by the model. Assessments regarding the possibility of improving WRF precipitation simulation by land use and land cover dataset modification are not definite, although some works have noted the influence of the heat island of urbanized areas on redistribution of precipitation. On the one hand, in most of the analyzed scientific works, land use and land cover changes did not allow to significantly improve precipitation forecasts using the WRF model. On the other hand, it can be assumed that the physical and geographical conditions of a simulation domain as well as available moisture in the atmosphere is playing a more significant role in precipitation modeling than land use and land cover.

Keywords: *Weather Research and Forecasting (WRF) Model, Land Use, Land Cover, Numerical weather prediction, Atmosphere Modelling, Accuracy.*

Introduction. The Earth's surface features significantly affect air circulation in the atmosphere, micro- and mesoscale meteorological processes and phenomena [24]. Therefore, taking into account land surface properties is an important aspect in mesoscale atmospheric modeling. Description of land surface features in atmospheric models is implemented by splitting into small areas and conducting a subsequent classification of these areas. Modern LULC (land use and land cover) databases are built on the principle of a surface classification within geometrically equal areas of certain spatial resolution. The LULC definition includes two concepts — the type of land cover (LC) and the type of land use (LU) [22, 32]. Separately, the LC definition refers to the biophysical characteristics of the Earth's surface, including the distribution of vegetation, water, soil, etc. At the same time, LU refers to the way people use certain land area with an emphasis on the functional role of the land area for an economic activity [5, 25]. Given the current level of urbanization, these two concepts are usually combined and find their place in unified classification systems of the Earth's surface [3].

LULC is an important parameter that describes the properties of certain surface area and make possible to parameterize with some approximation the processes of heat and momentum exchange between surface and air, which in numerical models determine the calculation of

meteorological parameters at the surface atmospheric boundary layer (ABL). Thus, change of LULC parameter in a certain part of the territory affect the accuracy of modeling atmospheric processes. Anthropogenic activity causes global changes of the Earth's surface. The land use and land cover change (LULCC) are considered, among others, as one of the drivers that has a significant impact on global climate changes, as well as on processes in ecosystems, biological cycles, biodiversity etc. [28]. Therefore, a significant amount of scientific research is devoted to the role of LULCC in modeling climate changes [30, 33, 44]. On the other hand, it is quite obvious that for the tasks of modeling atmospheric processes or weather forecasting the use of the most up-to-date LULC database plays an important role in increasing the accuracy of simulations.

The aim of the study is to analyze the scientific works on the methods of correction/reclassification of LULC data, obtained modeling effects of using more accurate LULC data and estimations of improvements of surface meteorological parameters simulations by mesoscale numerical atmospheric prediction (NWP) model.

The Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine have been working on the adaptation of the world's best samples of atmospheric models for various purposes and improvement for a long time [16, 35-37]. Thus, on the basis of the numerical mesoscale weather forecast model WRF (USA) [39], a forecasting system was created for the territory of Ukraine. The above has ensured providing forecasting meteorological fields with high spatial and temporal resolution as well as individual values at certain settlements for the needs of domestic consumers. Together with the use of other methods and models, it makes it possible to create specialized forecasting systems (forecasting of atmospheric phenomena, hydrological forecasting, forecasting of wind waves on the sea water area, etc.) and provides a modern level of hydrometeorological service [7].

The standard LULC database for all versions of the Weather Research and Forecasting (WRF) mesoscale meteorological model [39] is the USGS dataset named after developing institution – The United States Geological Survey [43]. The USGS LU data available for WRF simulations contain 24 land use categories and a grid spatial resolution of approximately 1 km. The dataset was obtained on the basis of the High Resolution Radiometer (AVHRR) images for the 12-month period, April 1992 - March 1993 [10]. The division into categories is based on the principle of a flexible structure of the database and the concepts of seasonal changes of the surface. Regions with a seasonal change of the land surface characteristics provide a basis for representing temporal and spatial models (patterns) of vegetation in the database. Such regions consist of relatively homogeneous land cover associations (e.g., similar floristic and physiognomic characteristics) that exhibit a distinct phenology (i.e., onset, peak, and duration of the growing season) [10]. According to some authors, the disadvantage of this dataset is that the classification principles were developed back in the 1970s [13].

The second standard LU database for WRF is the Collection 5 MODIS Global Land Cover Type [9]. This dataset was created by Boston University based on observational data processed by the 500 m MODIS Spectroradiometer Image covering the period of January to December 2001. The dataset is based on the classification developed by the International Geosphere-Biosphere Program (IGBP), consisting of 17 discrete categories. The actual dataset used for the WRF simulations is the 20-categories modified version of the IGBP MODIS dataset processed by NCEP [39]. In 2019, the revised Collection 6 MODIS Land Cover Type dataset was released [40]. The authors note that the land cover classification in the new dataset is more accurate owing to the redistribution of the categories of forests, shrubs, meadows, and agricultural land, and the share of misclassified grids has decreased.

An analysis of the LU USGS's and the MODIS IGBP's categories spatial distribution over the Kyiv region was carried out. An overlay of the USGS and MODIS categories and the current borders of urbanized areas is carried out using QGIS v. 3.22 [31] and Google Maps shown on the fig.1 and fig. 2 respectively.

The MODIS IGBP compared to the USGS data is characterized by a higher spatial resolution and a more correct depiction of urban, forest areas and the Dnipro riverbed. However, small settlements (which are available in USGS) are not displayed in MODIS IGBP. In general, for much accurate WRF simulations, at a minimum, a correction of the misclassified

urban areas in both the USGS and MODIS IGBPs datasets is required.

Below we present a review of other researchers experience and some estimates of the received improvements in forecasts of meteorological parameters by using more accurate LULC data in the WRF model.

The studies [8, 12, 29] have shown that changes in LU during simulation using mesoscale atmospheric models can have a significant impact on the results of the simulation, for example, on the calculations of turbulent heat flows, which directly affect the daily cycle of meteorological parameters within the planetary boundary layer (PBL). One of the first works related to the modification of LU data for NWP models was the Grossman-Clarke's et al. study [12]. The authors replaced the standard USGS data used in the MM5 model with refined data obtained using LANDSAT satellite images of the Earth's surface produced in 1998. In particular, changes in the dataset were concerned urbanized areas, which were divided into 3 classes. The classes differed in terms of typical fractions of vegetation and non-natural surfaces, which were defined on the basis of ground-based information within the urban agglomeration of Phoenix, USA. The latter made it possible to describe variations in moisture availability for evaporation by soil cover class [12]. As a result, replacing the LULC data affects the forecasts, which was manifested, in particular, in the accuracy increase of the simulated diurnal temperature cycles, night-time temperature, maximum and minimum surface temperatures.

In work [8], the effect of refining LULC data in modeling meteorological conditions is shown in the example of a small domain that included the city of Houston and its suburbs, which have undergone significant urbanization in recent decades. The USGS dataset was changed to The Texas Forest Service (TFS) LULC database, obtained from LANDSAT imagery with a horizontal resolution of 30 m. These data more accurately describe the distribution of urban areas, residential areas, grassy vegetation, and forests. The use of TFS in combination with the Noah land surface model in the MM5 model made it possible to determine the effect of the refined LULC data on the diurnal cycles of air temperature (in particular, maximum temperature) and wind. It is also noted in [8] that the differences are clearly visible in synoptic processes with a weak pressure field and insignificant horizontal air flows. In this way, it was possible to simulate the effect of the asymmetrically elongated convergence zone of the heat island, which forms over Houston city and increases the strength of the sea breeze flow and changes the location of the onshore breeze front in the Gulf of Mexico, which could not be obtained when modeling using the USGS.

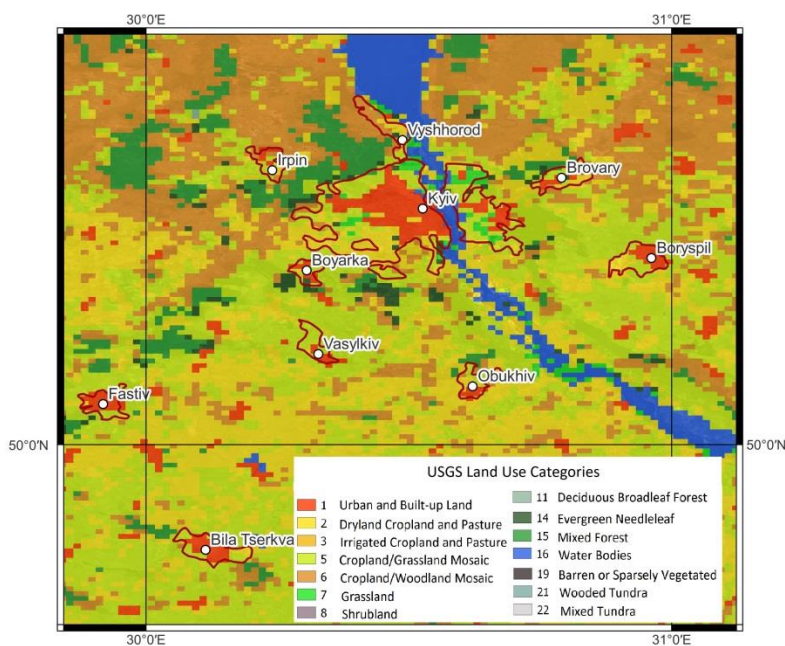


Fig. 1 USGS Land Use Categories in Kyiv Region

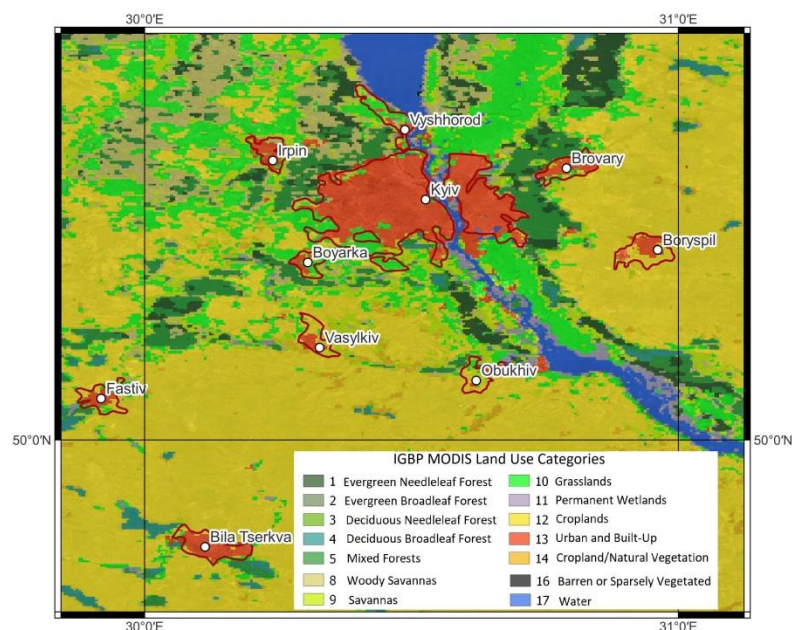


Fig. 2 MODIS IGBP Land Use Categories in Kyiv Region

The simulated precipitation and wind fields also undergo significant changes when using different LU data sets in work [6]. The authors used standard USGS and MODIS data, as well as additionally data based on the Systeme Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT) satellite system, 2007, which were interpreted and transformed into the LU database by the National Central University of Taiwan (NCU). As the authors noted, due to the overestimation of urban built-up area in the MODIS data, the WRF-MODIS simulation predicts overestimated daytime temperatures in western Taiwan. Conversely, the WRF-USGS coupling underestimates daytime temperatures. In contrast, the predicted temperature values obtained using the NCU data is set an intermediate position, with no significant bias. The WRF-MODIS combination over the coastal area off Taiwan simulates the strongest onshore sea breeze due to the increased land-sea temperature gradient, while the WRF-USGS simulation shows the weakest onshore breeze. WRF-USGS significantly overestimates the surface wind speed due to the lower roughness obtained from the coarser USGS data, while the surface wind speed estimated by WRF-NCU and WRF-MODIS are in better agreement with the actual observational data [6].

The use of datasets containing a different number of LULC categories comparing to the USGS or MODIS requires the adaptation of these datasets according to the standard classification with the appropriate codes, which will ensure the correct reading of the information from the appropriate files. For example, in work [13], the Corine Land Cover (CLC) data set was used, which contained 44 land use categories and was created based on 2006 satellite data of the European area. The horizontal resolution of the used images in this work is about 500 meters. The authors adapted the CLC LU categories to the USGS format using the reclassification methodology proposed in [29]. Statistical testing of temperature, humidity, and wind speed showed that CLC outperformed USGS. In general, using CLC for the WRF simulation results in higher predicted temperature values and lower moisture values than when using USGS. At the same time, wind speed has positive bias. In addition, CLC showed better statistical results in terms of root mean square error (RMSE). For example, RMSE for temperature are: 1.953 °C for USGS and 1.872 °C for CLC, for relative humidity 13.752% for USGS and 10.991% for CLC, for wind speed 1.498 m/s for USGS and 1.178 m/s for CLC. Besides, the updated dataset ensures a slightly higher correlation with actual observational data. In particular, it is noted that the forecasts have improved much more at meteorological stations in urban areas (higher temperature and lower relative humidity).

Also based on CLC data, but with a spatial resolution of 100 m, the study [38] is devoted to the assessment of the influence of high-resolution land use and topography (SRTM) data on the accuracy of WRF simulation in microscale modeling (with a step of 200 m) for the city of Warsaw. The results show that the effect of changing the default geographic data (MODIS and

GMTED2010) to higher resolution geographic data (CLC and SRTM) in most cases produced more accurate values of temperature and relative humidity at the 2 m level [38].

It is especially relevant to clarify land surface features in regions with a complex topography with steep slopes, where it is advisable to increase the resolution of the model grid [4]. Therefore, a significant part of the works devoted to the study of the effects of the use of different LULC datasets combines them with different digital relief models. For example, in [1], the WRF model was configured for six experimental configurations: using three land surface models (Noah, Rapid Update Cycle / RUC and TD) and two land use datasets (USGS and updated New Land Use / NLU). The result showed that the modeling of temperature and precipitation is sensitive to the combination of topography and LU data. The combination of NLU with RUC and TD resulted in a negative bias (0.27 °C) for 2 m maximum temperature and a positive bias (0.20 °C) in 2 m minimum temperature. The precipitation simulation result was better with NLU; especially the NLU and Noah configuration gave the lowest mean bias (2.39 mm/day) and RMSE (6.6 mm/day). All WRF experiments overestimated weak and heavy precipitation. Overall, the results showed that the application of updated land use data significantly improved the performance of the WRF model in simulating temperature and precipitation.

The land use data from the GLC2015 database were used in the WRF model by reclassifying land surface types [20]. The spatial resolution of GLC2015 is 300 m. The authors rescaled the data to a resolution of 1 km and adapted them to the USGS format. When verifying the model data, it was found that bias for surface air temperature was reduced by 2.54%, and RMSE was reduced by 1.48%. A 10.46% bias reduction and a 6.77% RMSE reduction for wind speed were also achieved using GLC2015. Though the simulation of the relative and absolute air humidity was reported to be less successful.

An evaluation of the obtained effect of using the North American Land Change Monitoring System (NALCMS) database in the WRF model in comparison with the standard USGS was carried out in work [23]. The experiment covered 120-hour forecasts for each day of January, April, July and September 2012. Verification was made for 120-hour forecasts of surface temperature, wind speed, and hourly precipitation. Statistical analysis revealed that the forecast of near-surface wind speed and temperature was improved with the updated and more accurate NALCMS dataset, especially in the 48- to 72-h forecasts. RMSE of mean wind speed reached a maximum decrease of 1.2 m/s, while surface temperature decreased to 0.6°C. The RMSE of the hourly precipitation is close in both cases, but there is some shift in precipitation spatial distribution.

Some works are devoted not only to a comparison of the standard datasets with updated ones but comparison with hypothetical reconstructed data for past periods. In [15] WRF modeling experiments were carried using the National Land Cover Database (NLCD) of 2006 and 1992 images, as well as a hypothetical (reconstructed) distribution of land cover of 1900 for the Las Vegas agglomeration. The heat island effect over the city turned out to be the most apparent when using modern LU data compared to data describing a less urbanized city.

Another example of a hypothetical assumption is the use of projections of climate changes and expected future changes in the distribution of different types of land use and urbanization [45]. In the study, the authors used WRF to simulate the regional climate with two different land-use scenarios: one with actual ground surface characteristics of 2005, and the other with projected future LULC. At the same time, the expected characteristics of LULC for the year 2050 are obtained by combining three different datasets under the most intensive urbanization scenario: 1) SLEUTH data – a set of geospatial data describing the future scenario of given trends of uncontrolled exponential growth of land use change in the year 2050 in the Santa Cruz watershed (Tucson area) using the SLEUTH model; 2) MAG (by the Maricopa Association of Governments) – raster images describing the future Arizona state urbanization scenario by the year 2050; 3) NALC - North American land area data (2005) classified using MODIS data (250 m) describing current LULC [45]. Experiments conducted on the meteorological data over a 10-year period showed a statistically significant increase in daily mean temperature over a more urbanized area (LULC_2050) compared to the actual one (LULC_2005). A notable feature is that daytime temperature does not change significantly, minimum (night-time) temperature over urban built-up areas is significantly increased. The authors of [45] explain such results by

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

changes in the thermal properties of the surface, such as heat capacity and thermal conductivity. At the same time, it is worth noting that when conducting experiments, the authors used the non-hydrostatic WRF model with the involvement of an additional model to take into account the city streets profile (Urban Canopy Model, UCM). The UCM model estimates temperature and energy fluxes at roofs, walls, and road surfaces, which subsequently serve as lower boundary conditions for the atmospheric model [18, 42]. The authors of [45] did not get an unequivocal result regarding the impact of changing LULC data on precipitation modeling. A hypothetical reason for such uncertainty is the prevalence of relatively dry air masses over the research domain. In this case, the impact of urbanization on energy distribution on the surface does not lead to significant changes in precipitation because of a deficit of available specific humidity.

The work [19] is devoted to studying the influence of the land cover change in Tokyo city on precipitation within the urban built-up areas. The city location is characterized by rather high air humidity in summer. The authors experimented with replacing urbanized areas in the LULC dataset with a category describing predominant grass vegetation/pasture. The WRF simulation experiments estimated that growing urbanization cause increasing precipitation by 10-15% in coastal urban areas, with statistical significance levels of 95% and 99% in some areas. However, for hypothetical conditions, in some foothill areas, statistically significant negative precipitation anomalies have been identified, unlike actual urbanization. Similar conclusions for a precipitation redistribution over the territory were drawn in [21]. The authors associated this feature with the influence of large-scale urban areas development and resulting heat island.

The work [41] is focused on combining the most relevant data of LU parameters and the parameter describing the physical and hydraulic properties of the upper layer of the Earth's surface interacting with the atmosphere, which is soil type/soil texture (ST). For the territory of the United Arab Emirates, the authors updated the LULC and ST datasets. The use of more realistic ST and LULC data helps to reduce low temperature bias, mainly at the coastal and low elevation stations (< 200 m). However, the authors did not note a significant improvement in the simulation of relative humidity, wind speed, and precipitation. In the experiment with refined data, the accuracy of the WRF temperature simulation appears to be higher. Thus, for the territory of the Dubai International Airport, when rare vegetation is replaced by urban development, the bias with a negative sign (exceeds 3°C) in the average daily temperature is reduced to < 0.5°C. However, for stations at higher altitudes (> 200 m), the effect of more realistic land surface texture and LULC refinement is very small. This led the authors to conclude that other factors, such as the representation of local topography and deficiencies in physical schemes, may play a major role. Changes in the specified surface properties also affect the simulation of onshore and sea breezes, mainly in coastal areas. Changes in the simulation of moisture advection are also observed, which is manifested in the appearance of relative humidity bias [41].

As in the previous work, a similar approach of specifying LULC and ST data was used in work [27]. The authors investigated the data refinement factor using a WRF v4.1.3 simulation with a 1-km grid for a domain covering the São Paulo metropolitan area. Changes to standard data were made taking into account Brazilian national databases (MapBiomas, SoilGrids). Through such clarification, it was possible to obtain a significant difference in the simulated minimum and maximum air temperature, as well as air humidity.

Noteworthy is the use of the updated MODIS Land Cover Type Product (MCD12Q1) Collection 6 (C6) database to assess the impact of deforestation in West Africa on meteorological parameters in the region [2]. The authors in addition to the main task have evaluated the impact of the updated LULC MODIS on WRF simulation in the West Africa, compared to the default MODIS dataset. In particular, a slight improvement in the accuracy of the air temperature simulation was obtained, but for the precipitation simulation replacement of the initial data did not show a positive effect. This result is mostly due to the fact that the authors did not focus on the territory of large cities where the greatest changes in the type of LULC are observed.

Another example, when the effect of replacing LULC in WRF is studied not in the example of urban areas, is the work of [11]. Various datasets (Corine Land Cover, USGS, MODIS30, and MODIS15) were tested in experiments on modeling meteorological variables in a region with a

complex topography (the Italian Alps). The authors concluded that a more detailed set of land use data significantly improves the description of the modeled area in complex terrain conditions. CLC data on land use is much more realistic compared to the default dataset, which, in particular, was reflected in the greater realism of the simulated daily cycles of energy flows (sensible heat flux). A similar study in the Austrian Alps allowed the authors to conclude about better performance of CLC over USGS, as well as better performance of MODIS over USGS in WRF simulations [34].

Table 1. Summary of some results of LULC modification in the WRF model

LU title	Categories/ spatial resolution	The obtained effect
Corine Land Cover (CLC)	44 categories, 1km/500 m	Higher accuracy of forecasts of air temperature, relative humidity and wind speed [13, 14]
New land use (NLU)		The error of simulated temperature values (especially at night) is much lower than when using USGS. The effect of changing the elevation model in WRF was much higher than LULC, in particular, for the precipitation forecast, RMSE decreased by 0.33, 0.59, 0.09 mm/day in Noah, RUC and TD LSM, respectively [1]
GLC2015 (Global Land Cover, 2015)	24 categories, 300 m	Air temperature bias decreased by 2.54%, RMSE decreased by 1.48%, wind speed bias decreased by 10.46%, and RMSE decreased by 6.77% when using the updated dataset [20]
The Texas Forest Service (TFS)	30 m	Modeling showed better consistency of simulated meteorological conditions in "weak" fields, when the large-scale flow was weak [8]
North American Land Change Monitoring System (NALCMS)	19 categories, 30 m,	Reduction of RMSE for average wind speed to 1.2 m/s and for surface temperature to 0.6°C. Spatial redistribution of atmospheric precipitation was observed [23]
USGS, Modification, specification of urbanized areas	1 km, additional (3) subclasses for urbanized areas	The accuracy of daily temperature cycle simulations at 2 m has been significantly improved when modeling using MM5 model [12]
NCU based on 2007 Systeme Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT)	11 categories, reclassification	Wind speed: better agreement with observational data. Statistical analysis showed that the use of NCU in WRF outperforms other simulations [6]
National Land Cover Database (NLCD)	NLCD2006 - 16 categories NLCD1992 - 21 categories, reclassification	The heat island effect for the more modern (urbanized) state of the urban agglomeration is clearly demonstrated [15]
Combination of SLEUTH, NALC, MODIS (by 2050 projection)	250 m, 21 categories	Over urbanized areas, daily temperature did not change significantly, and the nighttime temperature increased significantly [45]
Modification USGS, MODIS	~1 km 21 categories	Precipitation increases by 10-15% in coastal urban areas, compared to the experimental replacement of urban areas with the category of pastures and grass vegetation [19]
Corine Land Cover (CLC)	44 categories, 100 m	More accurate modeling of temperature and relative humidity at 2 m level [38]
Modification (clarification) of standard MODIS data	~1 km	The use of a more up-to-date database of ST and LULC data reduced bias in the modeling of nighttime air temperature, mainly at coastal stations and stations at low altitudes (< 200 m) [41]
Collection 6 (C6) MODIS Land Cover Type Product (MCD12Q1)	500 m, 21 categories	A modest improvement in the accuracy of air temperature simulation was obtained, but for precipitation simulation, the replacement of the initial data did not show a positive effect [2]

It is worth noting that a significant part of research is devoted not so much to indirectly determining the role of improving LULC data in the accuracy of WRF modeling, but to finding the optimal combination of LULC factors and describing the relief and urban canopy layer by involving the Urban Canopy Model (UCM) module in WRF simulations. In [17], the authors managed to combine LULC modification, 4-dimensional data assimilation schemes (FDDA), a scheme for wind flow calculations (Topo-wind) and UCM, which in combination gave the best simulation results of surface wind speed and atmospheric pressure. For wind speed at 10 m, RMSE was reduced from 2.20 m/s to 1.67 m/s, and for atmospheric pressure from 6.76 Pa to 6.69 Pa, respectively. As a result, this allowed the authors to significantly improve the forecast of sulfur dioxide (SO₂) concentration and PM_{2.5} particles in the air in the city of Beijing.

Anthropogenic activity causes not only an increase in urban areas but also a change of initial land use to other categories, for example, croplands. [28]. However, the classification of such LU category is a separate problem, since croplands are not stable from year to year due to a crop rotation. There are various methods of detecting such areas based on satellite images, for example, as in [26]. All of the above suggests that experiments with the modification of LULC datasets for WRF simulations will continue.

Conclusions. Most of the reviewed studies related to the comparison of WRF performances with default datasets and replaced/modified LULC datasets are based on the case study approach, namely on an analysis of a small number of specific simulations. The disadvantage of this approach is that the sample size from which conclusions can be drawn is insignificant, so it is useful to compare similar studies for the consistency of the obtained results.

The most consistent conclusions regarding the simulation improvement by the LULC modification in the WRF model are related to the parameters of air temperature and humidity. Thus, the usage of more accurate and up-to-date LULC databases in WRF simulations made it possible to reduce bias of forecasts and improved the accuracy of minimum and maximum daily temperature forecasts. The most significant improvement in the performed forecasts concerns the night temperature. According to the studies, the second parameter that were most often able to predict better after refining the LULC data is relative humidity. These two meteorological parameters are most often found in similar studies, and the effect of reducing their forecast bias is consistent between different studies.

Reports on the improvement of simulated wind parameters using another LULC dataset in the WRF model are less common in the works than for air temperature. It should be noted that it is most pronounced in urban areas and near the coast, where it is possible to improve description of breeze circulation by the model.

Assessments regarding the possibility of improving WRF precipitation simulation by LULC modification are not definite, although some works have noted the influence of the heat island of urbanized areas on redistribution of precipitation. However, it is also noted, for better confidence in the results, it is necessary to conduct more experiments in order to obtain a more representative sample. On the one hand, in most of the analyzed scientific works, LULC changes did not allow to significantly improve precipitation forecasts using the WRF model. On the other hand, it can be assumed that the physical and geographical conditions of a simulation domain as well as available moisture in the atmosphere is playing a more significant role in precipitation modeling than LULC.

Except for air temperature, assessment of heat fluxes, wind, precipitation, and relative humidity, assessments of other meteorological variables when LULC changes in the WRF model are practically not found in the scientific literature we reviewed.

In the case of using a LULC dataset that differs in the number of categories from the default dataset, it is necessary to carry out a reclassification by aligning the new dataset with the categories of standard LULC dataset (USGS or MODIS) to ensure the recognition of grid values and the correct operation of parameterizations in the WRF model.

In this article, based on the example of the Kyiv region area, it is shown that the default WRF LULC datasets are not ideal and contain various types of inaccuracies. Thus, compared to USGS, MODIS IGBP is characterized by a better spatial resolution, more correctly describing the urban built-up territories, forest areas and the Dniro riverbed, but MODIS IGBP does not display small settlements.

Список літератури References

1. Achenafi Teklay, Yihun T. Dile, Dereje H. Asfaw, Haimanote K. Bayabil, Kibruyesfa Sisay, Impacts of land surface model and land use data on WRF model simulations of rainfall and temperature over Lake Tana Basin, Ethiopia // *Heliyon*. 2019. Volume 5. Issue 9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02469>
2. Achugbu I.C., Olufayo A.A., Balogun I.A. et al. Modeling the spatiotemporal response of dew point temperature, air temperature and rainfall to land use land cover change over West Africa // *Model. Earth Syst. Environ.* 2022. Vol. 8. P. 173-198. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01094-8>
3. Alshari Eman A., Gawali Bharti W. Development of classification system for LULC using remote sensing and GIS // *Global Transitions Proceedings*. 2021. Vol. 2, Issue 1. P. 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.01.002>
4. Arnold D. et al. High Resolution Modelling in Complex Terrain. Report on the HiRCot 2012 Workshop, Vienna, 21-23 February 2012.
5. Arsanjani J.J. Dynamic Land Use / Cover Change Modelling : Geosimulation and Agent-Based Modelling. Vienna: University of Vienna; 2011.
6. Cheng F.Y., Hsu Y.C., Lin P.L., Lin T.H. Investigation of the effects of different land use and land cover patterns on mesoscale meteorological simulations in the Taiwan area // *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2013. 52(3), P. 570-587.
7. Doroshenko A. Numerical atmospheric models and their application in different areas of economics / Anatoliy Doroshenko, Vitalii Shpyg, Igor Budak, Kateryna Huda [In: Kvasniy L. And Tatomyr I. (eds) *Ukraine in the context of global and national modern servisation processes and digital economy*]: monograph. Praha: Oktan Print, 2020. – eBook ISBN 978-80-907863-4-9; Print ISBN 978-80-907863-3-2. – P. 155-171. DOI: 10.46489/UITCOG0909
8. Fang-Yi Cheng, Daewon W. Byun, Application of high resolution land use and land cover data for atmospheric modeling in the Houston–Galveston metropolitan area, Part I: Meteorological simulation results // *Atmospheric Environment*. 2008. Vol. 42, Issue 33. P. 7795-7811. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.04.055>
9. Friedl Mark A., Sulla-Menashe Damien, Tan Bin, Schneider Annemarie, Ramankutty Navin, Sibley Adam, Huang Xiaoman. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets // *Remote Sensing of Environment*. 2010. Vol. 114, Issue 1. P. 168-182. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.016>
10. Global Land Cover Characteristics Data Base Version 2.0. URL: <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/atoms/files/GlobalLandCoverCharacteristicsDataBaseReadmeVersion2.pdf> (date of access: 13 July 2022).
11. Golzio A., Ferrarese S., Cassardo C. et al. Land-Use Improvements in the Weather Research and Forecasting Model over Complex Mountainous Terrain and Comparison of Different Grid Sizes // *Boundary-Layer Meteorology*. 2021. Vol. 180. P. 319-351. <https://doi.org/10.1007/s10546-021-00617-1>
12. Grossman-Clarke S., Zehnder J.A., Stefanov W.L., Liu Y., Zoldak M.A. Urban Modifications in a Mesoscale Meteorological Model and the Effects on Near-Surface Variables in an Arid Metropolitan Region // *Journal of Applied Meteorology*. 2005. Vol. 44(9). P. 1281-1297. <https://doi.org/10.1175/JAM2286.1>
13. Jiménez-Esteve B., Udina M., Soler M., Pepin N., Miró J. Land use and topography influence in a complex terrain area: a high resolution mesoscale modelling study over the Eastern Pyrenees using the WRF model // *Atmos. Res.* 2018. Vol. 202. P. 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.11.012>
14. Jiménez-Esteve B. Land use influence in WRF model. A high resolution mesoscale modeling over Oriental Pyrenees. Master's thesis, Facultat de Física, Universitat de Barcelona, 2015.
15. Kamal S., Huang H., Myint S.W. The Influence of Urbanization on the Climate of the Las Vegas Metropolitan Area: A Numerical Study // *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2015. 54(11). P. 2157-2177. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0003.1>
16. Katsalova L.M., Shpyg V.M. The choice of optimal lag for Kriging interpolation of NWP model forecast // *Meteorology, Hydrology and Water Management*. 2016. Vol. 4, Issue 2. P. 23-28. DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/64292>
17. Kun Wang, Yali Tong, Jiajia Gao, Chao Gao, Kai Wu, Tao Yue, Sida Qin, Chenlong Wang, Impacts of LULC, FDDA, Topo-wind and UCM schemes on WRF-CMAQ over the Beijing-Tianjin-Hebei region, China // *Atmospheric Pollution Research*. 2021. Vol. 12, Issue 2., P. 292-304. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.11.011>
18. Kusaka H., Kimura F. Coupling a single-layer urban canopy model with a simple atmospheric model: Impact on urban heat island simulation for an idealized case // *J. Meteor. Soc. Japan*. 2004. Vol. 82. P. 67-80. <https://doi.org/10.2151/jmsj.82.67>
19. Kusaka H., Nawata K., Suzuki-Parker A., Takane Y., Furuhashi N. Mechanism of precipitation increase with urbanization in Tokyo as revealed by ensemble climate simulations // *J. Appl. Meteor. Climatol.* 2014. Vol. 53. P. 824-839. DOI: 10.1175/JAMC-D-13-065.1

20. Li H., Zhang H., Mamtimin A., Fan S., Ju C. A New Land-Use Dataset for the Weather Research and Forecasting (WRF) Model // *Atmosphere*. 2020. 11(4), 350. <https://doi.org/10.3390/atmos11040350>
21. Lin C.Y., Chen W.C., Chang P.L., Sheng Y.F. Impact of the urban heat island effect on precipitation over a complex geographic environment in northern Taiwan // *J. Appl. Meteor. Climatol.* 2011. Vol. 50. P. 339-353. DOI:10.1175/2010JAMC2504.1
22. Liping C., Yujun S., Saeed S. Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques – A case study of a hilly area, Jiangle, China // *PLoS ONE*. 2018. 13(7). e0200493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200493>
23. López-Espinoza E.D., Zavala-Hidalgo J., Mahmood R., Gómez-Ramos O. Assessing the Impact of Land Use and Land Cover Data Representation on Weather Forecast Quality: A Case Study in Central Mexico // *Atmosphere*. 2020. 11(11), 1242. <https://doi.org/10.3390/atmos11111242>
24. Manual on the Global Observing System (WMO No 544), Vol. I
25. McConnell W.J. Land Change: The Merger of Land Cover and Land use Dynamics A2 – Wright, James D. // *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*. Oxford: Elsevier; 2015. p. 220-3.
26. Nguyen L.H., Joshi D.R., Clay D.E., Henebry G.M. Characterizing land cover/land use from multiple years of Landsat and MODIS time series: A novel approach using land surface phenology modeling and random forest classify // *Remote Sens. Environ.* 2020. 238, 111017.
27. Pedruzzi Rizzieri et al. Update of land use/land cover and soil texture for Brazil: Impact on WRF modeling results over São Paulo // *Atmospheric Environment*. 2022. Vol. 268, 118760. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118760>
28. Pielke R.A., Sr., Pitman A., Niyogi D., Mahmood R., McAlpine C., Hossain F. et al. Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence // *Wires Clim. Change*. 2011. 2(6). P. 828-850. DOI: 10.1002/wcc.144
29. Pineda N., Jorba O., Jorge J., Baldasano J.M. Using NOAA AVHRR and SPOT VGT data to estimate surface parameters: application to a mesoscale meteorological model // *International Journal of Remote Sensing*. 2004. 25(1). P. 129-143.
30. Pongratz J., Schwingshackl C., Bultan S. et al. Land Use Effects on Climate: Current State, Recent Progress, and Emerging Topics // *Curr. Clim. Change Rep.* 2021. Vol. 7. P. 99-120. <https://doi.org/10.1007/s40641-021-00178-y>
31. QGIS.org, 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
32. Rawat J.S., Kumar M. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India // *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2015. 18(1). P. 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>
33. Santos M.J., Smith A.B., Dekker S.C. et al. The role of land use and land cover change in climate change vulnerability assessments of biodiversity: a systematic review // *Landscape Ecol.* 2021. Vol. 36. P. 3367-3382. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01276-w>
34. Schicker I., Arnold Arias D., Seibert, P. Influences of updated land-use datasets on WRF simulations for two Austrian regions // *Meteorol. Atmos. Phys.* 2016. Vol. 128. P. 279-301. <https://doi.org/10.1007/s00703-015-0416-y>
35. Shpyg V. et al. The application of regional NWP models to operational weather forecasting in Ukraine // CAS Technical Conference on “Responding to the Environmental Stressors of the 21st Century”: 18–19 November 2013: Conf. Materials. 2013. URL: https://www.researchgate.net/publication/312488806_The_Application_of_Regional_NWP_Models_to_Operational_Weather_Forecasting_in_Ukraine (date of access: 13 July 2022).
36. Shpyg V., Budak I. WRF reflectivity simulation and verification of thunderstorm forecast by radar and surface observation // 16th International Radar Symposium : 24-26 June 2015. Symposium Materials. Dresden, 2015. P. 610-615. DOI: 10.1109/IRS.2015.7226388
37. Shpyg V., Budak I. Estimation of effectiveness of thunderstorms observation and their forecast by the instability indices // 7th International Verification Methods Workshop. 03-11 May 2017, Berlin, Germany. *Annalen der Meteorologie*, 2017. Vol. 51. P. 81.
38. Siewert J., Kroszczyński K. GIS Data as a Valuable Source of Information for Increasing Resolution of the WRF Model for Warsaw // *Remote Sensing*. 2020. 12(11), 1881. <https://doi.org/10.3390/rs12111881>
39. Skamarock W.C. et al. A description of the Advanced Research WRF version 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR. 2008. 113 pp. <https://doi.org/10.5065/D68S4MVH>.
40. Sulla-Menashe Damien, Gray Josh M., Parker Abercrombie S., Friedl Mark A., Hierarchical mapping of annual global land cover 2001 to present: The MODIS Collection 6 Land Cover product // *Remote Sensing of Environment*. 2019. Vol. 222. P. 183-194. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.013>
41. Temimi M. Assessing the Impact of Changes in Land Surface Conditions on WRF Predictions in Arid Regions // *Journal of Hydrometeorology*. 2020. 21(12). P. 2829-2853. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-20-0083.1>

42. Tewari M., Chen F., Kusaka H. Implementation and evaluation of a single-layer urban canopy model in WRF/Noah // 7-th WRF Users' Workshop, Boulder, CO, NCAR, 2006. URL: http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/workshops/WS2006/abstracts/Session05/5_6_Tewari.pdf (date of access: 13 July 2022)

43. USGS EROS Archive - Land Cover Products - Global Land Cover Characterization (GLCC). DOI: 10.5066/F7GB230D

44. Xuejie G., Yong L., Wantao L., Zongci Z., Giorgi F. Simulation of effects of land use change on climate in China by a regional climate model // Adv. Atmos. Sci. 2003. Vol. 20. P. 583-592. <https://doi.org/10.1007/BF02915501>

45. Zhaohui Yang (Joey), Dominguez Francina, Gupta Hoshin Vijai, Zeng Xubin and Norman Laura M. Urban Effects on Regional Climate: A Case Study in the Phoenix and Tucson "Sun Corridor" // Earth Interactions. 2016. Vol. 20. P. 1-25. <https://doi.org/10.1175/EI-D-15-0027.1>

Вплив категорій землекористування на прогноз WRF та його точність

Шпиг В.М., Щеглов О.А.

В даній роботі проведено аналіз щодо можливостей та способів коригування або рекласифікації даних щодо підстильної поверхні та категорій землекористування, отриманих у ході моделювання ефектів від застосування більш точних даних такого типу та оцінки ступеня покращення відтворення приземних метеорологічних величин в чисельній мезомасштабній атмосферній моделі. Для території Київської області за допомогою QGIS v. 3.22 та Google Maps було проведено аналіз баз даних USGS та MODIS IGBP. Отримано, що на даний момент обидві бази даних не є ідеальними і містять різного роду неточності. Так, MODIS IGBP у порівнянні із USGS більш коректно відтворює територію міст, лісових масивів та русла р. Дніпро, проте у MODIS IGBP не відображаються невеликі населені пункти. Аналіз інших досліджень показав, що більшість робіт, котрі стосуються порівняння успішності моделювання атмосферних процесів за допомогою моделі WRF при заміні даних щодо підстильної поверхні та землекористування засновані на «кейсовому підході», тобто на обробці результатів невеликої кількості специфічних симуляцій. Недоліком такого підходу є те, що вибірка, по якій можна робити висновки, є незначною, тому корисно проводити порівняння робіт на предмет узгодженості отриманих результатів. Використання більш точних та актуальних баз даних щодо підстильної поверхні WRF дає можливість зменшувати систематичну похибку прогнозів і покращувати точність прогнозу мінімальної та максимальної добової температури. Найсуттєвіше покращення прогнозу має місце саме для нічної температури. Другою метеорологічною величиною, яку найчастіше вдається прогнозувати краще після коригування даних щодо підстильної поверхні є відносна вологість. Покращення змодельованих параметрів вітру найбільше проявляється на урбанізованих територіях та біля узбережжя, де вдається покращити відтворення бризової циркуляції моделлю WRF. Оцінки щодо можливості покращити моделювання опадів шляхом уточнення даних щодо підстильної поверхні та землекористування не такі однозначні, хоча в деяких роботах відзначено вплив острова тепла урбанізованих територій на перерозподіл опадів. З одного боку, в більшості проаналізованих наукових праць, коригування даних щодо підстильної поверхні та землекористування не дозволили суттєво покращити прогноз опадів за допомогою моделі WRF, з іншого боку, можна припустити, що важливу роль відіграють фізико-географічні умови території, для якої проводиться моделювання, та наявні запаси вологи в атмосфері.

Ключові слова: модель Weather Research and Forecasting (WRF), землекористування, підстильна поверхня, чисельний прогноз погоди, атмосферне моделювання, точність

Надійшла до редколегії 10.07.2022

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.6551.574.42>

Пясецька С.І.

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

ВІДКЛАДЕННЯ ОЖЕЛЕДІ КАТЕГОРІЇ НЯ (НЕБЕЗПЕЧНА) ТА СГЯ (СТИХІЙНА) МАСОВОГО ХАРАКТЕРУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПРОТЯГОМ ДЕСЯТИРІЧ 1991-2000 рр., 2001-2010 рр., 2011-2020 рр.

Представлена робота присвячена дослідженню відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечна) та СГЯ (стихійна) масового характеру розповсюдження на території України протягом останнього 30-и річчя (1991-2020 рр.) по окремим десятиріччям інтервалам. Показано особливості прояву таких випадків по території України в окремі місяці досліджуваних десятирічних інтервалів та виявлено роки в яких таких випадків було найбільше. Так, найбільша кількість таких випадків спостерігалась у 1998, 1999, 2009, 2013, 2014, 2018 рр. Встановлено, що у досліджувані десятиріччя найбільша кількість таких випадків було виявлено у зимові місяці (грудень-лютий), проте від десятиріччя до десятиріччя вони мали свою динаміку, а саме переважне їх збільшення у січні (відносно 1991-2000 рр.) та нестійка зміна у лютому та грудні (від

періоду до спостерігається варіювання кількості випадків). Те саме можна сказати і про листопад, коли кількість таких випадків змінювалась від періоду до періоду. Випадки масового відкладення ожеледі категорії СГЯ також зазнали змін протягом досліджуваних десятиріч. Найбільша їх кількість спостерігалась протягом 1991-2000 рр. та 2011-2020 рр., причому у першому десятиріччі вони здебільшого спостерігались у листопаді, а в останньому у січні. Здебільшого відкладення ожеледі категорії НЯ та СГЯ при їх масовому розповсюдженні спостерігаються на 2 або 3-4 станціях і у межах 2 (3-4) областей. Проте в окремих випадках, особливо у зимові місяці вони можуть бути більш масштабними.

Ключові слова: відкладення ожеледі категорії НЯ (небезпечна) та СГЯ (стихійна), масове розповсюдження відкладень ожеледі значних діаметрів, розподіл випадків масового відкладення ожеледі НЯ та СГЯ по десятиріччях періоду 1991-2020 рр.

Вступ. Відомо, що відкладення ожеледі на території України є досить типовим явищем для місяців холодного періоду року та одними із видів ожеледео-паморозевих відкладень. Проте такі відкладення вважаються несприятливими погодними явищами, та такими, що можуть перешкоджати виробничій діяльності в ряді галузей господарської діяльності. Насамперед вони є несприятливими для підприємств електроенергетики, особливо для тих хто транспортує та розподіляє отриману енергію кінцевому споживачу, транспортній галузі - здебільшого тим видам, які є споживачами електроенергії (приміська залізниця), а також транспорту який використовується у містах та міжміському сполученні. Крім того такі відкладення суттєво впливають на безперебійне функціонування комунальної сфери. Найбільше це стосується випадків масового характеру таких відкладень, які можуть охоплювати значні території та особливо масового характеру відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечна) та СГЯ (стихійна). Збитки від останніх є найбільшими за обсягами та найтяжчими за наслідками. Натепер для прогнозування та передачі попереджень згідно до останніх «Інструкцій...» та «Настанов...» [4, 6, 16-18, 27] до I, II та III рівня небезпеки та позначають відповідним кольором відносять відкладення ожеледі діаметром 6-19 мм (НМЯ I, жовтий рівень небезпеки), 20-39 мм (СМЯ II, помаранчевий рівень небезпеки) та ≥ 40 мм (СМЯ III, червоний рівень небезпеки). Остання категорія виникає дуже рідко і більше трапляється у відкладеннях мокрого снігу, або складних відкладеннях. Проте, якщо відкладення ожеледі досягли діаметру 6-9 та ≥ 20 мм на дротах стандартного ожеледного станка, то на висоті 10-12 м (на рівні підвісу більшості дротів) від поверхні землі ці відкладення можуть збільшуватись навіть у декілька разів. У випадках масового розповсюдження таких відкладень може виникнути масштабна аварія, яка може зупинити виробничий процес у декількох областях. Тому дослідження таких відкладень, особливо їх масового прояву є актуальним, особливо з урахуванням змін сучасного клімату та потенційним збільшенням небезпечних погодних явищ [15].

Стан дослідження проблеми. Дослідження розповсюдженнь відкладень ожеледі на території України було започатковане у 50-х -60 -х років минулого сторіччя у працях О.М. Раєвського [21, 25, 26] та продовжено у низці робіт інших українських вчених зокрема [5]. Отримані результати виявились настільки вагомими, що вони були використані іншими вченими такими як Е.П. Драневич та А.В. Рудневою для районування території колишнього СРСР за повторюваністю таких відкладень за даними ожеледного станка та за візуальними спостереженнями. Крім того для території України О.М. Кошенком [12-14] у 70-і роки XX сторіччя було визначено особливості синоптичних процесів, внаслідок яких на її території створювались ситуації сприятливі для утворення ожеледі та запропоновано схему прогнозу ожеледі, яка певного часу була досить надійною і пройшла випробування в Українському гідрометцентрі. Цей напрямок досліджень дещо згодом було продовжено В.О. Волевахою у [6, 7]. Водночас, спираючись на отримані результати, для території України було створено ряд монографій з дослідження клімату та певних особливостей розповсюдження окремих погодних явищ, у тому числі небезпечних та стихійних [10, 11, 19, 20, 28, 29]. Зважаючи на те, що останнім часом відбуваються різкі зміни клімату та нестійкість погодних умов особливо у холодний період року з виникненням низки небезпечних явищ інтерес до таких досліджень зростає, про що свідчать публікації [1-3, 8]. Не дивлячись на значний попередній здобуток у дослідженні окремих небезпечних погодних явищ, в тому числі тих які спостерігаються у холодний період року автор також долучився до продовження дослідження у цьому напрямку, причому враховуючи випадки саме масового розповсюдження таких відкладень протягом останніх часових інтервалів,

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)

які характеризують стан сучасного клімату в Україні [22-24].

Мета дослідження. Метою дослідження було встановити особливості масового розповсюдження випадків відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечна) та СГЯ (стихійна) протягом окремих десятирічних періодів 30-и річчя 1991-2020 рр. Об'єктом дослідження були екстремальні відкладення ожеледі на території України у їх масовому розповсюдженні протягом вищезгаданого періоду, а предметом дослідження особливості такого масового розповсюдження по території України.

Матеріали та методи. Для основу було обрано матеріали спостережень на метеорологічних станціях України на стандартному ожеледному станку, який встановлено на усіх метеорологічних станціях. Вибірка здійснювалась з відповідних таблиць, які розміщено у Метеорологічному щомісячнику (Вип. 10, Ч. II. Україна) протягом окремих десятиріч 30-річного періоду з 1991 по 2020 рр. Ці матеріали знаходяться у Державному галузевому архіві (ГДА) Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) імені Бориса Срезневського, м. Київ. Для опрацювання використовувався увесь наявний матеріал спостережень за ожеледними відкладеннями на стандартному ожеледному станку (інструментальні спостереження за ожеледно-паморозевими відкладеннями) на усіх метеостанціях України протягом 1991-2020 рр. Інформація відсутня після січня 2015 р. на станціях АР Крим та 5 станціях Донецького регіону внаслідок анексії півострова та зони проведення ОСС.

За випадок масового характеру розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ було обрано період протягом якого поетапно (від дати до наступної дати протягом декількох днів) такі відкладення спостерігались на території не менше ніж у 2-х областях. Аналіз таких випадків було проведено для 3-х десятирічних періодів починаючи з кінця ХХ ст. (1991-2000 рр.) до першої чверті ХХІ ст. (2001-2010, 2011-2020 рр.).

Для характеристики випадків масового розповсюдження ожеледі категорії НЯ (небезпечна) та СГЯ (стихійна) протягом 30- річчя цей період був розділений на 3-и десятиріччя, де 2-а з останніх визначають стан сучасного клімату України холодного періоду року. Такий підхід було обрано для здійснення порівняння та визначення певної динаміки порівняння кожного із десятиріч відносно поширення таких відкладень. За для цього було проведено дослідження розподілу їх кількості по місяцях та роках, а також визначено кількість станцій на яких вони спостерігаються та яку кількість областей вони можуть охоплювати. Основними методами дослідження були фізико-статистичний за допомогою якого було здійснено обробку матеріалів та картографічний, який використовувався для візуалізації окремих результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати проведеного дослідження викладено у двох розділах, які характеризують випадки масового відкладення ожеледі категорії НЯ (розділ 1 – «Характеристика випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ у десятиріччя 1991-2000 рр., 2001-2010 рр., 2011-2020 рр.») та СГЯ (розділ 2 – «Характеристика випадків масового розповсюдження ожеледі категорії СГЯ (стихійна) у десятиріччя 1991-2000 рр., 2001-2010 рр., 2011-2020 рр.») протягом окремих десятиріч 30-и річного періоду з 1991 по 2020 рр. Поданий матеріал проілюстровано відповідними таблицями та рисунками.

1. Характеристика випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ у десятиріччя 1991-2000 рр., 2001-2010 рр., 2011-2020 рр. Матеріали результатів дослідження випадків масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечна) протягом 3-х десятиріч надано у таблицях 1 - 9 та відповідно візуалізовано на рисунках 1-4 (а-в).

1991-2000 рр. Результати дослідження кількості випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ на території України представлено у таблиці 1, а візуалізація здійснена на рисунках 1 (а) та 2 (а). Усього таких випадків для цього десятиріччя було виявлено 41. Для місяців холодного періоду року встановлено, що найбільша кількість випадків масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ спостерігалась у листопаді та грудні (по 12 випадків у кожному з них), січні - 8 та лютому 6, що у відсотковому відношенні становить відповідно 29,3 % для листопада та грудня, січня 19,5 % та лютого 14,6 %. У березні випадків масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ виявлено 3 (7,3 %). Дослідженням встановлено, що по окремих роках

цього десятиріччя здебільшого спостерігалось по 1 випадку масового розповсюдження відкладень ожеледі, проте у окремі роки їх було встановлено більше. Так, у січні 1998 та 1999 рр. кількість таких випадків становила 2, а у листопаді 1997, 1998 та 1999 рр. відповідно 2 та 3 випадки. У грудні 1997 р. таких випадків було 3. Повторюваність кількості випадків масових відкладень ожеледі відображена на рис. 2 (а). Найбільші значення серед повторюваностей становили до 25,0 – 33,3 %. Для досліджуваного періоду встановлено, що у цілому найбільшу кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ мали 3 передостанні роки десятиріччя - 1997, 1998 та 1999 рр. Їх повторюваність становила відповідно 12,2; 19,5 та 22,0 % від загальної кількості таких випадків.

Таблиця 1. Кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ на території України протягом 1991-2000 рр.

Місяць	Роки										Усього	%
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		
I	1	1	0	0	1	1	0	2	2	0	8	19,5
II	0	0	1	0	0	2	0	1	1	1	6	14,6
III	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3	7,3
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XI	1	0	0	1	1	0	2	3	3	1	12	29,3
XII	1	0	1	0	1	1	3	1	3	1	12	29,3
Усього	3	1	2	2	3	4	5	8	9	4	41	100,0

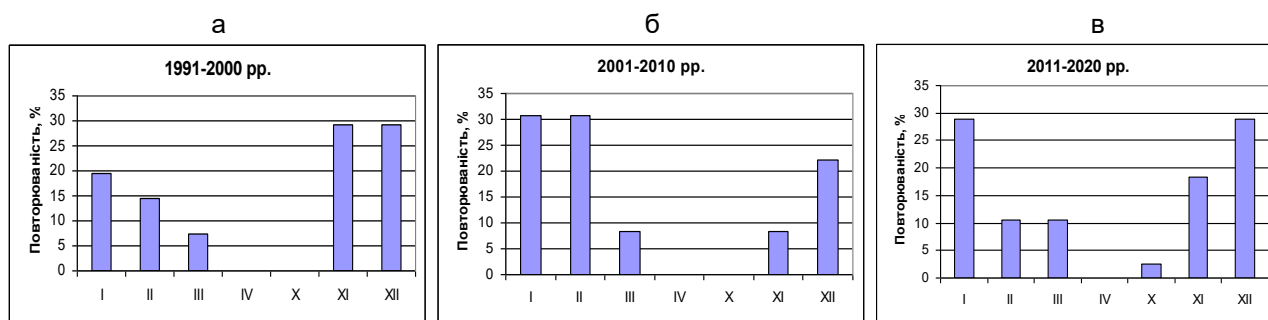


Рис. 1. Повторюваність (%) випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ по місяцях холодного періоду року протягом окремих десятиріч – а) 1991-2000 рр., б) 2001-2010 рр., в) 2011-2020 рр.

Для характеристики досліджуваних періодів з точки зору поширення масових відкладень ожеледі категорії НЯ для кожного з цих випадків було визначено кількість станцій на яких спостерігались такі відкладення та кількість областей. Таким чином визначались певні просторові характеристики. Для такого дослідження було обрано 6 градацій від 2 до >10. Фактичні результати дослідження подано у табл. 2, а повторюваність відображено на рисунку 3 (а).

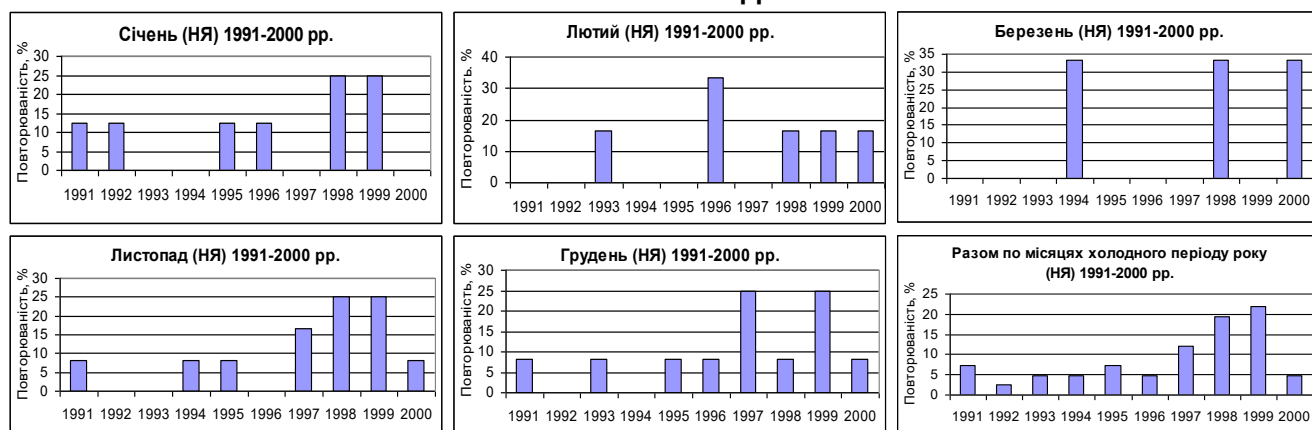
Встановлено, що у періоді 1991-2000 рр. у місяці холодного періоду року здебільшого у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ вони спостерігаються на 2 або 3-4 станціях (25,0-37,5 %) (табл. 2, рис. 3 (а)).

У лютому та березні також досить часто такі відкладення можуть спостерігатись на 7-8 станціях (до 33,3 %). Крім того у березні, листопаді та грудні спостерігалась підвищена повторюваність в градації >10 станцій (33,3 %).

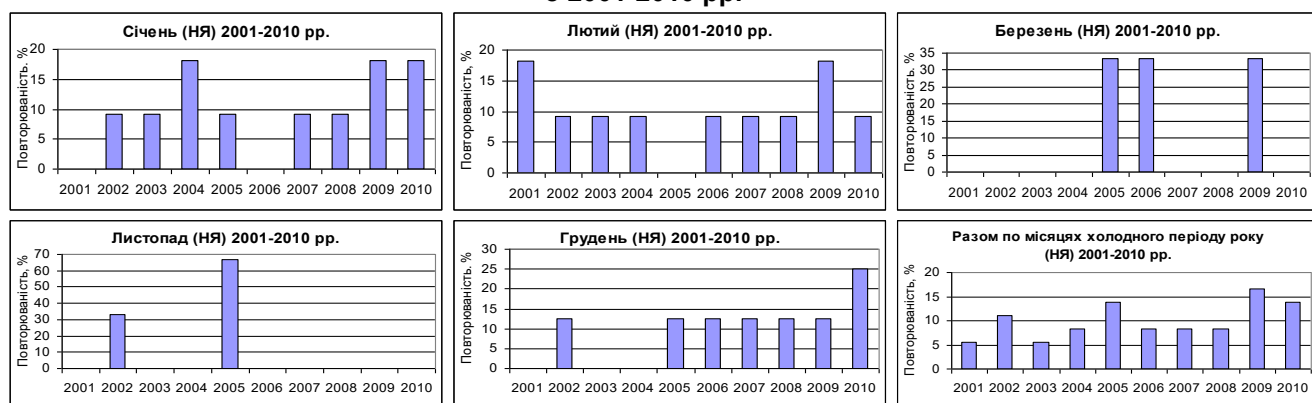
Загалом з урахуванням усіх досліджуваних місяців здебільшого у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ вони спостерігаються на 2 або 3-4 станціях (29,3 %).

Відносно кількості областей на території яких у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ можна сказати, що у досліджувані місяці здебільшого (січень, лютий, листопад, грудень) спостерігаються на території 2 областей (4-6 випадків, або 41,7-50,0 %).

а 1991-2000 рр.



б 2001-2010 рр.



в 2011-2020 рр.

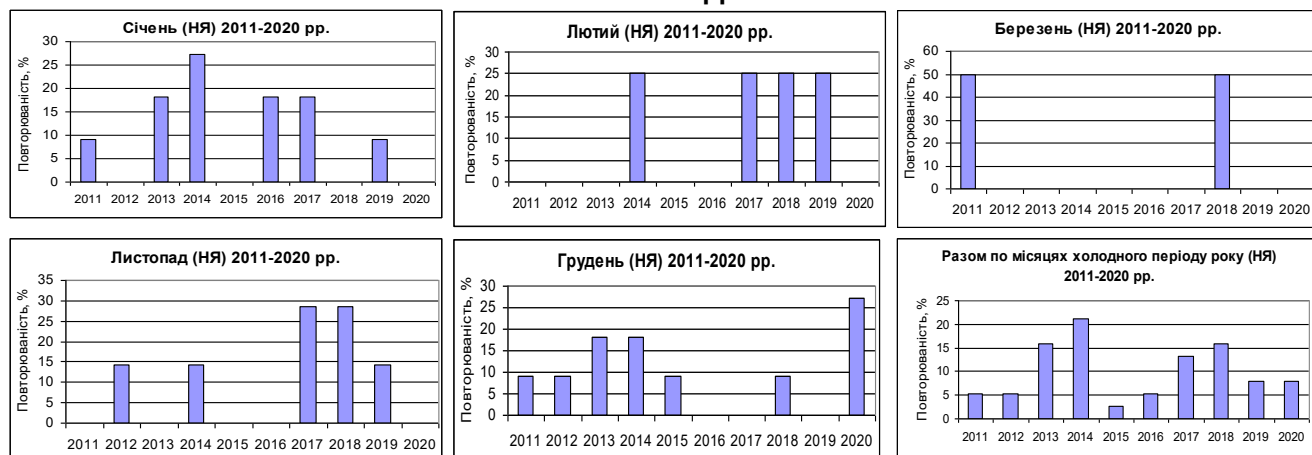
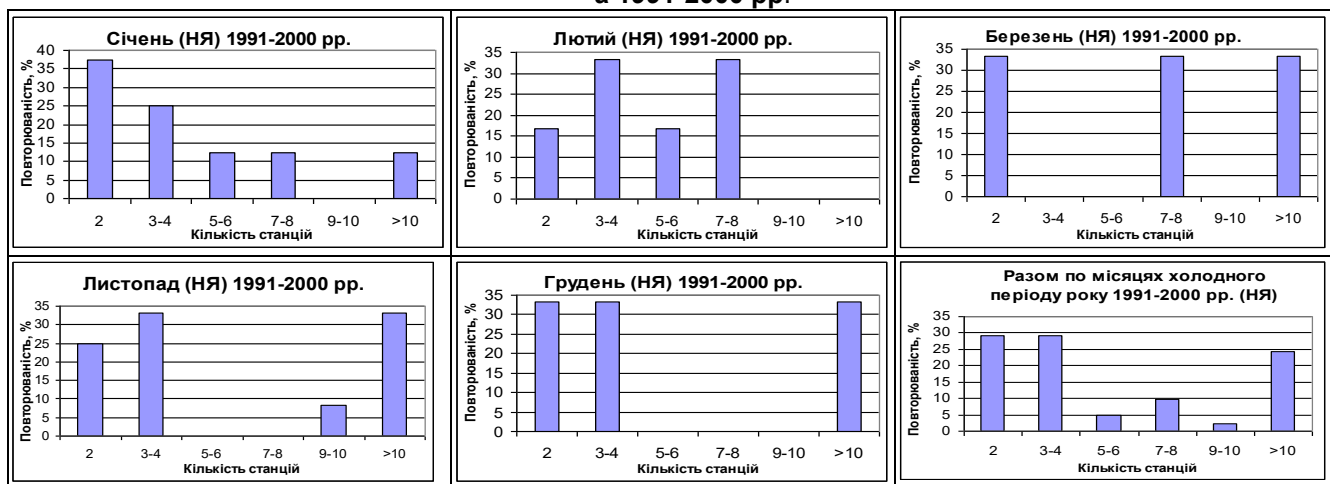


Рис. 2. Повторюваність (%) випадків масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ по роках десятирічних періодів – а) 1991-2000 рр., б) 2001-2010 рр., в) 2011-2020 рр.

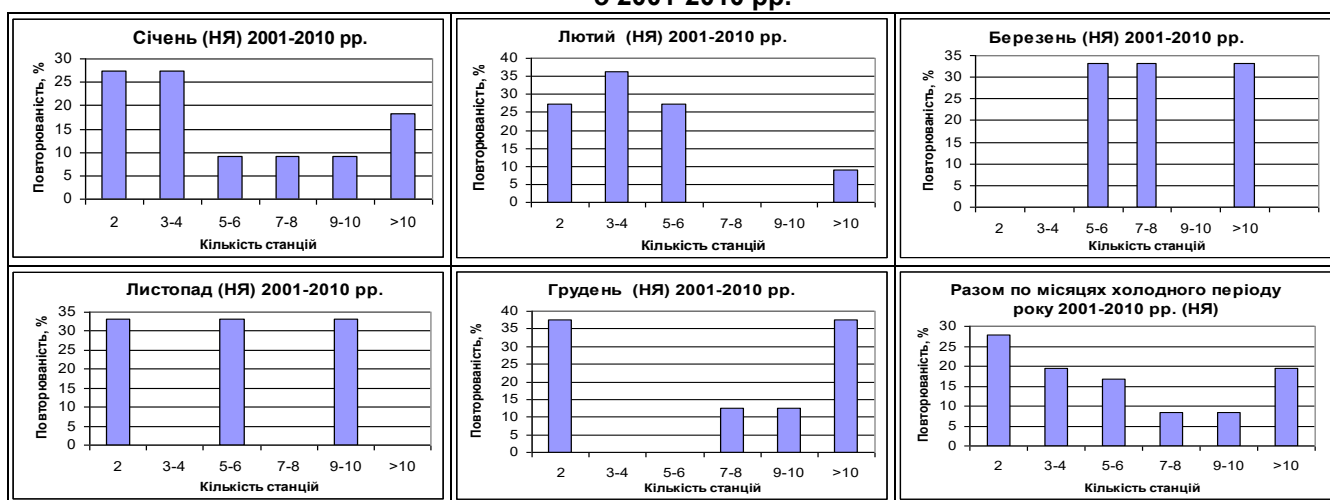
Таблиця 2. Кількість станцій у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 1991-2000 рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	3	2	1	1	0	1	8
II	1	2	1	2	0	0	6
III	1	0	0	1	0	1	3
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	3	4	0	0	1	4	12
XII	4	4	0	0	0	4	12
Усього	12	12	2	4	1	10	41

а 1991-2000 рр.



б 2001-2010 рр.



в 2011-2020 рр.

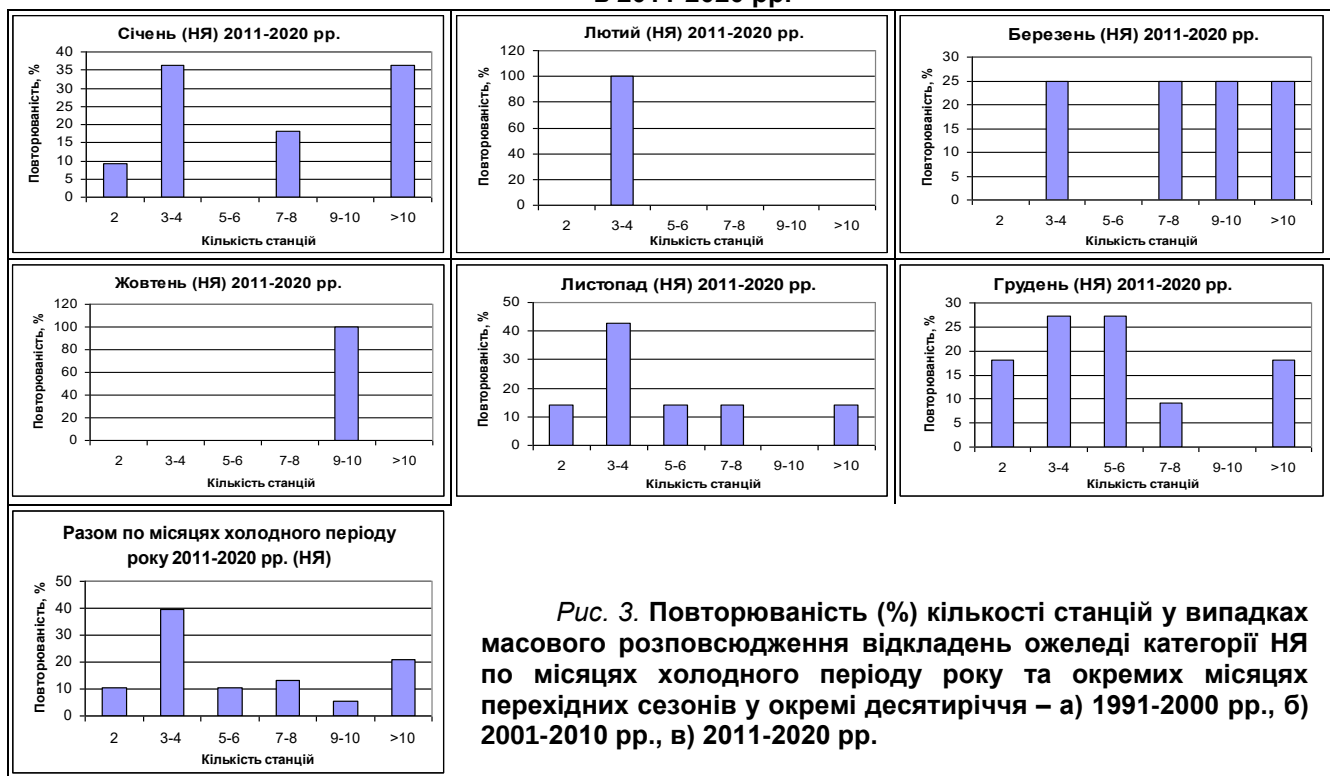


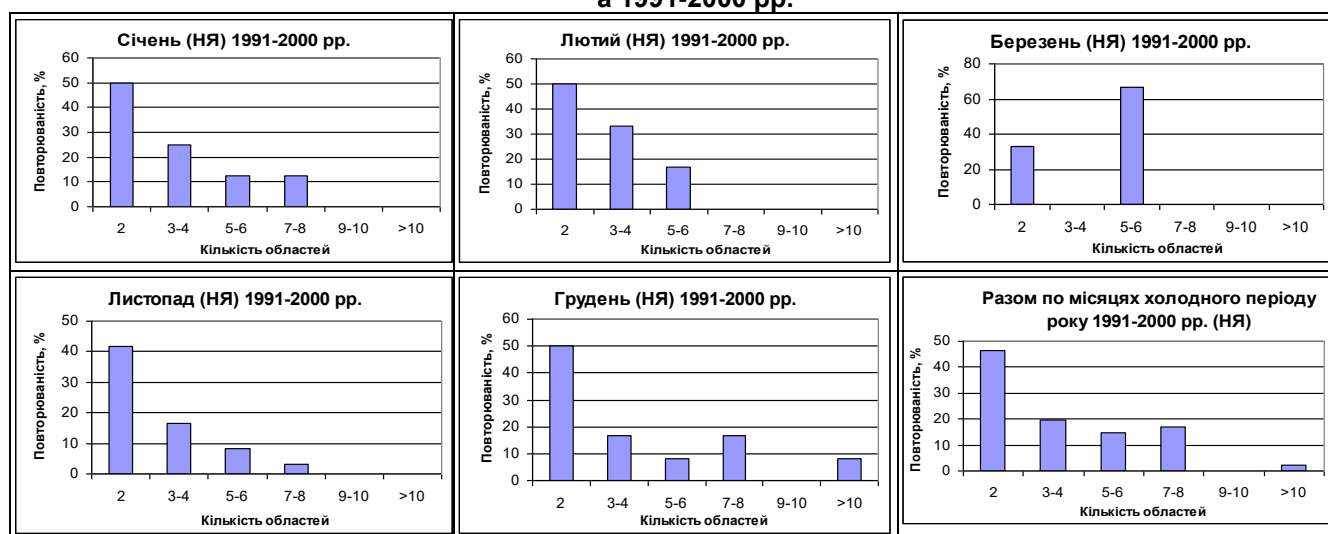
Рис. 3. Повторюваність (%) кількості станцій у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ по місяцях холодного періоду року та окремих місяцях перехідних сезонів у окремі десятиріччя – а) 1991-2000 рр., б) 2001-2010 рр., в) 2011-2020 рр.

Таблиця 3. Кількість областей у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 1991-2000 рр.

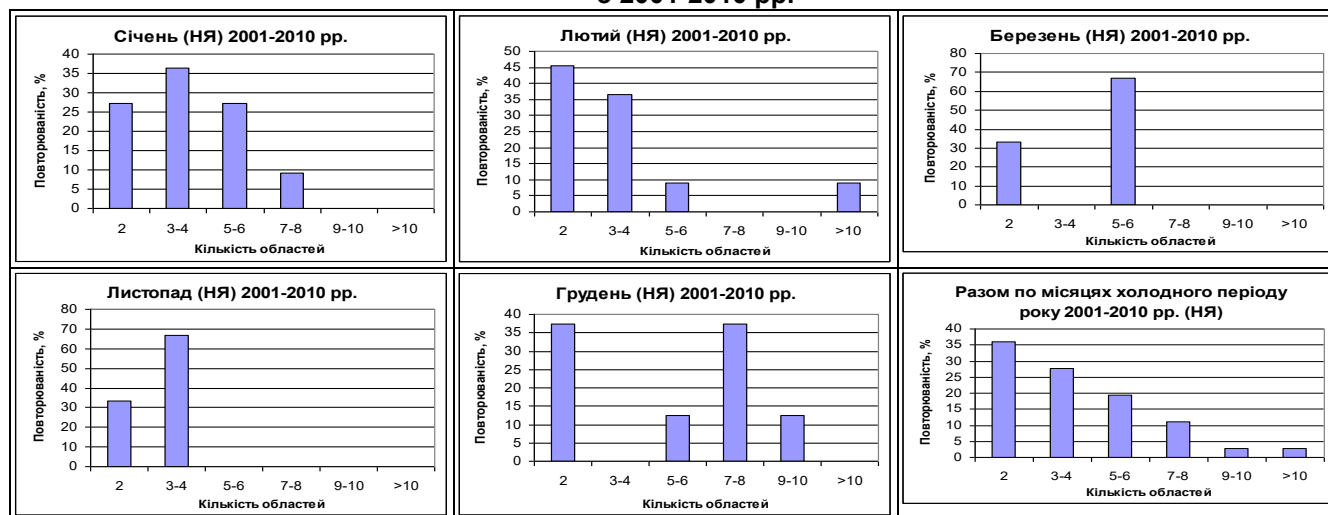
Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	4	2	1	1	0	0	8
II	3	2	1	0	0	0	6
III	1	0	2	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	5	2	1	4	0	0	12
XII	6	2	1	2	0	1	12
Усього	19	8	6	7	0	1	41

Початок рис. 4

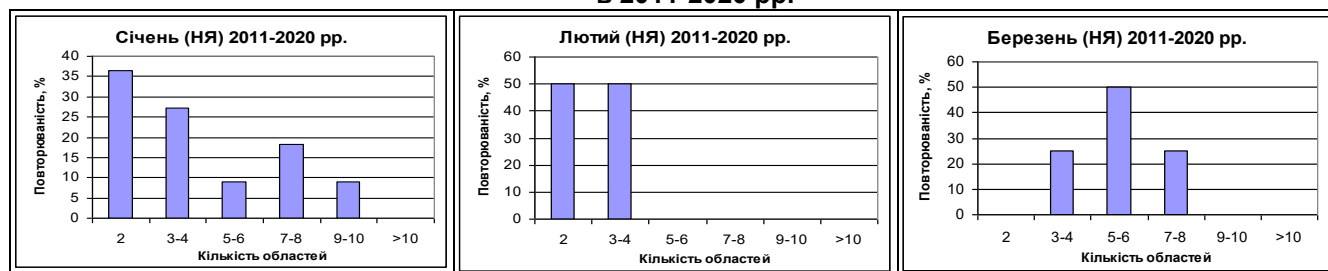
а 1991-2000 рр.



б 2001-2010 рр.



в 2011-2020 рр.



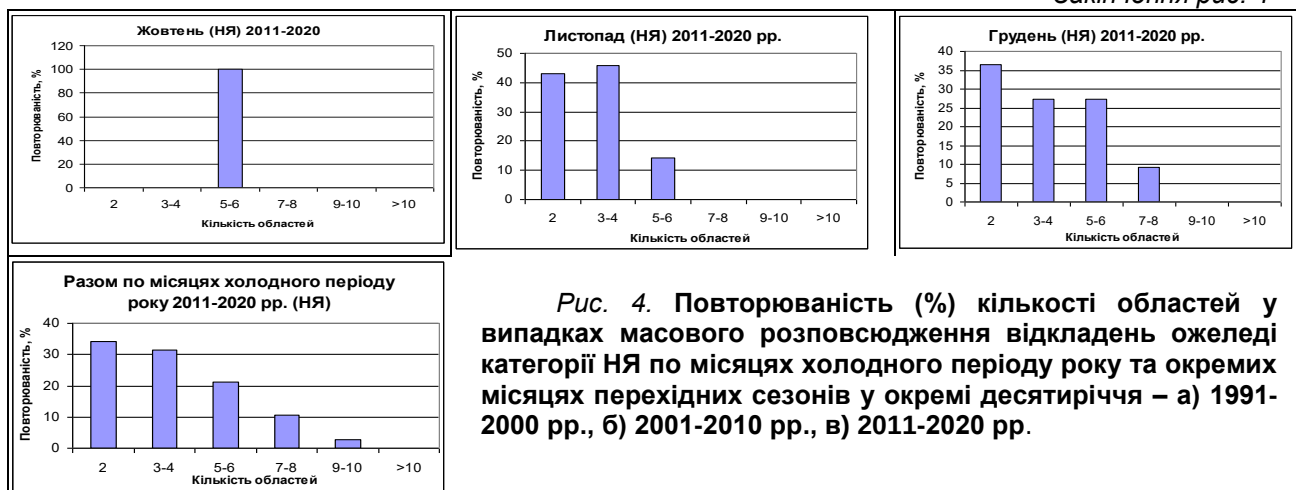


Рис. 4. Повторюваність (%) кількості областей у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ по місяцях холодного періоду року та окремих місяцях перехідних сезонів у окремі десятиріччя – а) 1991-2000 рр., б) 2001-2010 рр., в) 2011-2020 рр.

2001-2010 рр. Протягом цього періоду усього було встановлено 36 випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ. Що дещо менше ніж у попередньому десятиріччі. У цьому десятиріччі найбільша кількість таких випадків спостерігалась у січні, лютому по 11 випадків (30,6 % від загалу) та у грудні 8 (22,2 %), а найменша – 3 випадки у березні та листопаді (табл.4, рис. 1 (б)). Повторюваність кількості випадків масових відкладень ожеледі по окремих роках відображена на рис. 2 (б). Порівняно із попереднім десятиріччям зменшення кількості таких випадків спостерігалось у листопаді та грудні, а збільшення у січні та лютому. Здебільшого у досліджувані місяці по окремих роках періоду спостерігалось по 1 випадку масових відкладень ожеледі категорії НЯ, проте у ряді років таких випадків було 2. Така ситуація склалась у січні 2004, 2009, 2010 рр., лютому 2001 та 2009 рр., листопаді 2005 р., грудні 2010 рр. У цілому враховуючи окремі роки періодів найбільша кількість таких випадків спостерігалась у 2005, 2009 та 2010 рр. (рис. 2 (б)).

Встановлено, у випадках масового розповсюдження випадків відкладень ожеледі категорії НЯ у січні, лютому та грудні відкладення ожеледі категорії НЯ частіше зустрічаються на 2 або 3-4 станціях із повторюваністю 27,3-37,5 % (табл. 5, рис. 3 (б)). Крім того у грудні також досить значна повторюваність (37,5%) спостерігається у градації >10. У березні та листопаді повторюваність градацій кількості станцій становила 33,3% (відповідно у березні для градацій 5-6, 7-8 та >10 та у листопаді для градацій 2, 5-6 та 9-10). Загалом з урахуванням усіх досліджуваних місяців найбільшу повторюваність мають градації станцій 2, 3-4 та >10 (рис. 3 (б)).

Результати аналізу просторового розповсюдження випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ по місяцях холодного періоду року у 2001-2010 рр. подано у табл. 6 та на рис. 4 (б)). Було встановлено, що у переважній більшості досліджуваних місяців найбільшу повторюваність мали градації кількості областей 2 та 3-4, особливо у січні, лютому та листопаді (36,4 – 66,7 %). У грудні найбільша повторюваність (37,5 %) спостерігалась у градаціях 2 та 7-8 областей. У березні найбільшу повторюваність мала градація 5-6 областей (66,7 %). Також треба зазначити, що у лютому спостерігався 1 найбільш територіально розповсюджений випадок масового відкладення ожеледі категорії НЯ, коли вони спостерігались на території більше 10 областей.

Таблиця 4. Кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ на території України протягом 2001-2010рр.

Місяць	Роки										Усього	%
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
I	0	1	1	2	1	0	1	1	2	2	11	30,6
II	2	1	1	1	0	1	1	1	2	1	11	30,6
III	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3	8,3
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XI	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	8,3
XII	0	1	0	0	1	1	1	1	1	2	8	22,2
Усього	2	4	2	3	5	3	3	3	6	5	36	100,0

Таблиця 5. Кількість станцій у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 2001-2010рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	3	3	1	1	1	2	11
II	3	4	3	0	0	1	11
III	0	0	1	1	0	1	3
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	1	0	1	0	1	0	3
XII	3	0	0	1	1	3	8
Усього	10	7	6	3	3	7	36

Таблиця 6. Кількість областей у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 2001-2010рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	3	4	3	1	0	0	11
II	5	4	1	0	0	1	11
III	1	0	2	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	1	2	0	0	0	0	3
XII	3	0	1	3	1	0	8
Усього	13	10	7	4	1	1	36

Таблиця 7. Кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ на території України протягом 2011-2020 рр.

Місяць	Роки										Усього	%
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
I	1	0	2	3	0	2	2	0	1	0	11	28,9
II	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	4	10,5
III	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	4	10,5
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
X	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2,6
XI	0	1	0	1	0	0	2	2	1	0	7	18,4
XII	1	1	2	2	1	0	0	1	0	3	11	28,9
Усього	2	2	6	8	1	2	5	6	3	3	38	100,0

Таблиця 8. Кількість станцій у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 2011-2020 рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	1	4	0	2	0	4	11
II	0	4	0	0	0	0	4
III	0	1	0	1	1	1	4
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	1	0	1
XI	1	3	1	1	0	1	7
XII	2	3	3	1	0	2	11
Усього	4	15	4	5	2	8	38

Таблиця 9. Кількість областей у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 2011-2020 рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	4	3	1	2	1	0	11
II	2	2	0	0	0	0	4
III	0	1	2	1	0	0	4
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	1	0	0	0	1
XI	3	3	1	0	0	0	7
XII	4	3	3	1	0	0	11
Усього	13	12	8	4	1	0	38

2011-2020 рр. У досліджуваному десятиріччі було встановлено 38 випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ. Найбільша кількість випадків таких відкладень спостерігалась у січні та грудні (відповідно по 11 випадків – 28,9 %). Порівняно із попереднім десятиріччям істотно зменшилась кількість таких випадків у лютому з 11 до 4, проте дещо збільшилась у березні, листопаді та грудні. (табл. 7 , рис. 1 (в)). Крім того було виявлено 1 випадок масового відкладення ожеледі категорії НЯ у жовтні місяці, чого у попередніх десятиріччях не спостерігалось. Порівнюючи десятиріччя 2011-2020 рр. із десятиріччям 1991-2000 рр. можна сказати, що помічено певне збільшення таких випадків у січні та березні, проте зменшення у решті досліджуваних місяців особливо у листопаді. У періоді 2011-2020 рр. протягом досліджуваних місяців в окремих роках періоду частіше спостерігалось по 1 з таких випадків, проте у січні, березні, листопаді та грудні таких випадків могло спостерігатись 2-3. Так було у січні 2013, 2014, 2016, 2017 рр.; березні 2013 та 2018 рр.; листопаді 2017, 2018 рр.; грудні 2013, 2014, 2020 рр. Повторюваність випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ показано на рис. 2 (в). Загалом з урахуванням сукупності досліджуваних місяців за кількістю таких випадків виділяється 2014 р. (21,1 %), а також 2013 та 2018 рр. (по 15,8 % кожний). Також серед років десятиріччя можна виділити 2017 р. (13,2 %).

Відносно кількості станцій на яких спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ при масовому їх масовому розповсюдженні можна сказати, що переважно у таких випадках вони частіше спостерігаються на 2 або на 3-4 станціях (14,3-42,8 %). Проте можуть спостерігатись і на більшій кількості станцій (табл. 8 , рис. 3 (в)). Так, у січні виявилась досить значна повторюваність градації кількості станцій >10 (36,4 %), а у жовтні в градації 9-10 станцій (100,0 %). Враховуючи усі досліджувані місяці найбільша повторюваність належить градації 3-4 станції (39,5 %), а дещо менша градації >10 (21,1 %).

Характеризуючи просторовий стан розподілу випадків масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 2011-2020 рр. можна сказати, що здебільшого такі відкладення спостерігались на території 2 або 3-4 областей, рідше на території більшої кількості областей особливо у січні, лютому, листопаді та грудні (табл. 9, рис. 4 (в)). Проте у березні та жовтні відкладення ожеледі категорії НЯ при їх масовому розповсюдженні можуть спостерігатись у межах 5-6 областей.

2. Характеристика випадків масового розповсюдження ожеледі категорії СГЯ (стихийна) у десятиріччя 1991-2000 рр., 2001-2010 рр., 2011-2020 рр. Випадки відкладень ожеледі категорії СГЯ масового розповсюдження є нечастим явищем на території України проте найбільш загрозливим і супроводжується здебільшого значними збитками особливо у тих галузях, які найбільш погодозалежні від них. У випадку з відкладенням ожеледі це електроенергетика (виробництво та передача енергії), дротовий зв'язок, транспортне сполучення (у першу чергу електротранспорт), комунальне господарство. Здебільшого такі випадки спостерігаються у місяці холодного періоду року, особливо протягом листопада – лютого.

Протягом **1991-2000 рр.** було виявлено 4 випадки масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ (табл. 10, рис. 5). Вони спостерігались здебільшого у листопаді (75,0 %) та грудні місяці (25,0 %). Встановлено, що такі випадки частіше зустрічались у роках з 1997 по 2000 рр., а до цих років лише у 1991 р. В інших роках десятиріччя таких випадків не спостерігалось. Внесок кожного випадку у загальну їх кількість становив 25,0 %. Таблиці 11 та 12 ілюструють випадки масового характеру відкладень відносно кількості станцій та областей, які були задіяні у цих випадках. Встановлено, що у найменш розповсюдженному такому випадку у листопаді 1991 р. відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались на сході країни у Донецькій та Луганській областях на двох станціях – Дебальцевому та Дар'ївці. У двох інших випадках, грудні 1997 та листопаді 1999 рр. кількість станцій та кількість областей дещо зросла до 4-5 станцій та 3-4 областей. Звертає на себе увагу те, що у грудні 1997 р. на території Дніпропетровської області відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались на 3 станціях (Кривий Ріг, Нікополь, Лошкарівка). Також треба додати, що протягом обох випадків у грудні 1997 та листопаді 1999 рр. на станції Пришиб (Запорізька область) спостерігались відкладення ожеледі категорії СГЯ. Найбільш визначним випадком масового

розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ став випадок, який розпочався 25.11.2000 р. Відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались на 7 станціях та 18 постах на території 8 областей. Найбільша кількість станцій які спостерігали такі відкладення були у Одеській області, а постів у Вінницькій та Миколаївській областях. Рисунок 5 відображає просторове розповсюдження випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ на території України. Встановлено, що такі випадки частіше охоплювали області на сході, центрі-південному сході, проте найбільш розповсюджений випадок охоплював області у напрямку від північного заходу та заходу на південний захід та частково центр країни.

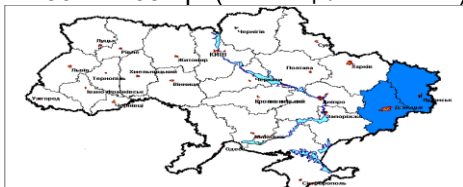
У десятиріччі **2001-2010 рр.** встановлено лише 2 випадки масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ (табл. 13-15, рис. 6). Вони спостерігались у грудні 2008 р. та лютому 2010 р. За кількістю станцій та областей, на яких було встановлено відкладення ожеледі категорії СГЯ вони є рівноцінними (повторюваність становить по 50,0 % кожний), проте за територіальним розповсюдженням (рис. 6) вони відрізняються. Так, у першому випадку (18-23.12.2008 р.) такі відкладення розповсюджувались з північного заходу (Житомирщина) та охоплювали окремі області центру країни (Вінниччина, Кіровоградщина), а також її південний захід (Одещина). Найбільша кількість станцій, які спостерігали такі відкладення розташовувались у північній частині Одещини (Любашівка, Затишшя). У другому випадку (9-14.02.2010 р.) масове відкладення ожеледі категорії СГЯ здебільшого охоплювало південні області від південного заходу до півдня та розповсюджувалось у Дніпропетровську область (центр). Саме у цій області відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались на двох станціях – Синельникове та Нікополь. Крім того було з'ясовано, що на Одещині у Любашівці відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались в обох випадках при масовому їх розповсюдженні.

В останнє десятиріччя **2011-2020 рр.** порівняно із попереднім десятиріччям збільшилась кількість випадків масового розповсюдження випадків відкладень ожеледі категорії СГЯ. Таких випадків виявлено 4 (табл. 16-18, рис. 7). Вони спостерігались у січні 2013 та 2014, листопаді 2014 та у грудні 2017 рр. Відповідно повторюваність становила для січня 50,0 %, а для листопада та грудня по 25,0 % кожний. Треба зазначити, що серед досліджуваних років особливим чином виділяється 2014 р. коли такі випадки спостерігались у двох місяцях - січні та листопаді. Встановлено, що у цілому кількість станцій та областей на яких спостерігались такі відкладення може становити від 2 до 7-8. Саме такий найбільш поширений випадок стався у січні (17-20.01) 2014 р. Просторове розповсюдження випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ показано на рис. 7. Встановлено, що майже у кожному з випадків (окрім випадку у листопаді 2014 р.) відкладення ожеледі СГЯ спостерігаються у західних областях (Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська), при чому частіше на Плаю та Раві-Руській (у 2-х випадках – січень 2014, листопад 2014 та грудень 2017 рр.). Також окремо можна виділити Житомирську, Миколаївську та Запорізьку області де в ряді місяців (січень, листопад 2014 р.) у січні 2014 (17-20.01. та листопаді 17-19.11.) було виявлено по 2 станції, які спостерігали відкладення ожеледі категорії СГЯ.

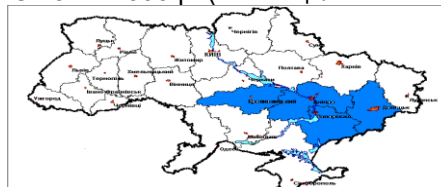
Таблиця 10. Кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ на території України протягом 1991-2000 рр.

Місяць	Роки										Усьо го	%
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XI	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	75,0
XII	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	25,0
Усього	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4	100,0
%	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	25,0	25,0	100,0	

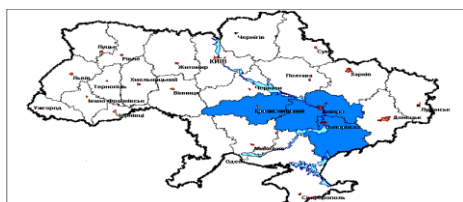
27-30.11.1991 р. (2 станції/ 2 області)



23-25.11.1999 р. (4 станції/ 4 області)



22-24.12.1997 р. (5 станцій/ 3 області)



25.11-7.12.2000 р.
(7 станцій, 18 постів/8 областей)

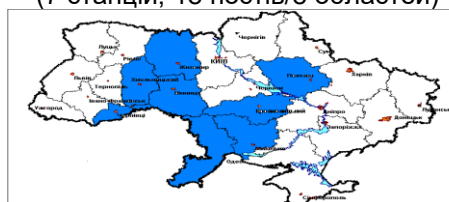


Рис. 5. Просторово-часове розповсюдження випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ на території України протягом 1991-2000 рр.

Таблиця 11. Кількість станцій у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ протягом 1991-2000 рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	1	1	0	0	0	1	3
XII	0	0	1	0	0	0	1
Усього	1	1	1	0	0	1	4
%	25,0	25,0	25,0	0,0	0,0	25,0	100,0

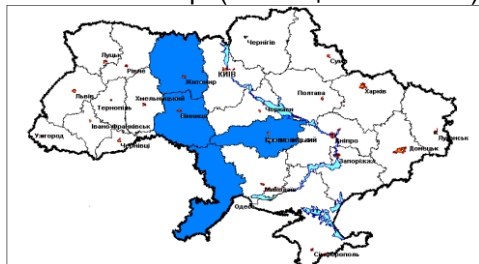
Таблиця 12. Кількість областей у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ протягом 1991-2000 рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	1	1	0	1	0	0	3
XII	0	1	0	0	0	0	1
Усього	1	2	0	0	2	0	4
%	25,0	50,0	0,0	25,0	0,0	0,0	100,0

Таблиця 13. Кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ на території України протягом 2001-2010 рр.

Місяць	Роки										Усього	%
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	50,0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XII	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	50,0
Усього	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100,0
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	50,0	100,0	

18-23.12.2008 р. (5 станцій/ 4 області)



9-14.02.2010 р. (5 станцій/ 4 області)



Рис. 6. Просторово-часове розповсюдження випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ на території України протягом 2001-2010 рр.

Таблиця 14. Кількість станцій у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ протягом 2001-2010рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	1	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	0	0	0	0	0	0	0
XII	0	0	1	0	0	0	1
Усього	0	0	0	0	0	0	2
%	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0

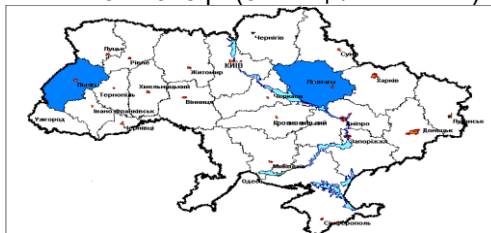
Таблиця 15. Кількість областей у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ протягом 2001-2010рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	1	0	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	0	0	0	0	0	0	0
XII	0	1	0	0	0	0	1
Усього	0	2	0	0	0	0	2
%	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

Таблиця 16. Кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ на території України протягом 2011-2020 рр.

Місяць	Роки										Усього	%
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
I	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	50,0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
XI	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	25,0
XII	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	25,0
Усього	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	4	100,0
%	0,0	0,0	25,0	50,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	100,0	

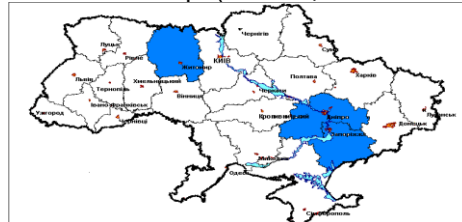
21-24.01.2013 р. (3станції/ 2 області)



17-20.01.2014 р. (9 станцій/ 8 областей)



17-19.11.2014 р. (5 станцій/ 3 області)



24-25.12.2017 р. (2 станції/ 2 області)



Рис. 7. Просторово-часове розповсюдження випадків масового відкладення ожеледі категорії СГЯ на території України протягом 2011-2020 рр.

Таблиця 17. Кількість станцій у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ протягом 2011-2020 рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	0	1	0	1	0	0	2
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	0	0	1	0	0	0	1
XII	1	0		0	0	0	1
Усього	1	1	1	1	0	0	4
%	25,0	25,0	25,0	25,0	0,0	0,0	100,0

Таблиця 18. Кількість областей у випадках масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ протягом 2011-2020 рр.

Місяць	Градації						Усього випадків
	2	3-4	5-6	7-8	9-10	>10	
I	1	0	0	1	0	0	2
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0
XI	0	1	0	0	0	0	1
XII	1	0	0	0	0	0	1
Усього	2	1	0	0	0	0	4
%	50,0	25,0	0,0	25,0	0,0	0,0	100,0

Висновки. Зважаючи на вищевикладене можна зробити ряд висновків, а саме:

1. Найбільша кількість випадків масового відкладення ожеледі категорії НЯ була виділена у періоді 1991-2000 рр. (41 випадок), а найменша у 2001-2010 рр. (36). Крім того можна сказати, що за кількістю таких випадків два останніх десятиріччя незначно відрізняються один від одного.

2. Здебільшого випадки масового відкладення ожеледі категорії НЯ спостерігається у місяці холодного періоду року, особливо у зимові місяці. При цьому особливо за кількістю виділяється січень та грудень у 2001-2010 та 2011-2020 рр., а також листопад 1991-2000 рр. та лютий 2001-2010 рр. Також помічено, що у десятиріччі 1991-2000 рр. найбільша кількість таких випадків припадає на листопад та грудень. У десятиріччі 2011-2020 рр. виявлено 1 випадок масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ у жовтні місяці, що не типово для двох інших десятиріч.

3. Спільним для усіх десятиріч є те, що у випадках масового відкладення ожеледі категорії НЯ вони спостерігаються на 2, або 3-4 станціях, але можуть спостерігатись і на більшій кількості станцій, проте повторюваність більших градацій кількості станцій значно менша. Вона може зрости лише у випадку дуже значного поширення таких відкладень.

4. Враховуючи територію, на якій випадки масового відкладення ожеледі спостерігаються, то можна сказати, що переважно вони мають місце у 2-х або 3-4 чи 5-6 областях. Значно рідше вони спостерігаються на території 7-8 областей, і лише окремі з них можуть розповсюджуватись на більшу площу.

5. Випадки масового відкладення ожеледі категорії СГЯ було виявлено у кожному з десятиріч досліджуваного періоду 1991-2020 рр. Найбільша їх кількість спостерігалась у десятиріччях 1991-2000 та 2011-2020 рр. (4 випадки).

6. Випадки масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ у грудні усіх досліджуваних періодів (1997, 2008, 2017 рр.), проте вони мали місце також у листопаді 1991, 1999, 2000 рр., 2014 р., лютому 2010 р. та січні 2013 і 2014 рр.

7. Здебільшого випадки масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії СГЯ спостерігаються на 2-х станціях, але окремі з них можуть спостерігатись на 3-4 та 5-6 станціях. Найбільш визначний випадок таких відкладень трапився у листопаді 2000 рр. (25.11-7.12. 2000 р.).

8. Просторове поширення таких випадків свідчить про те, що здебільшого вони спостерігаються на території 2-х або 3-4 областей, а у окремих випадках можуть розповсюджуватись на дещо більші території.

9. Встановлено ряд станцій на яких протягом досліджуваних десятиріч спостерігаються значні відкладення ожеледі. Здебільшого це станції які знаходяться у західних, центральних, південних та східних областях. Серед таких станцій можна назвати Плай, Рава-Руська, Кременець, Тернопіль, Чернівці, Вінниця, Затишшя, Любашівка, Очаків, Миколаїв, Нижні Сірогози, Бехтери, Харків, Великий Бурлук, Лозова, Помічна, Кропивницький, Долинська, Дар'ївка, Дебальцеве, Маріуполь, Кривий Ріг, Синельникове, Чаплине, Пришиб, Запоріжжя та деякі інші. Треба зазначити досить різке збільшення таких відкладень на метеостанції Плай протягом останніх років.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому розпочата робота з дослідження особливостей масового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ буде продовжена для визначення їх просторово-часового розповсюдження територією України.

Список літератури

1. Аржанова Н.М., Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н. Специализированный массив данных гололедно-изморозевых явлений для мониторинга климата и климатических исследований. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. Вып. 182. С. 101-110.

2. Аржанова Н.М., Коршунова Н.Н. Характеристики гололедно-изморозевых явлений на территории России в условиях современных изменений климата. Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 184. С. 33-44.

3. Аржанова Н.М., Коршунова Н.Н. Мониторинг характеристик гололедно-изморозевых отложений на территории России в холодный сезон 2017-2018 годов. Труды ГГО. 2020. Вып. 597. С. 90-103.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

- метеорологических явлений и процессов. Государственный стандарт Республики Беларусь. СТБ. 1406-2003 (ГОСТ Р 22.1.07-99). 15 с.
5. *Волеваха Н.М.* О влиянии орографии на гололедные отложения. Труды УкрНИГМИ, 1958 Вып. 13. С. 82-86.
6. *Волеваха В.А., Волконская Н.К., Башкирова Л.Е.* О возможности прогнозирования интенсивности отложения гололеда. Труды УкрНИГМИ, 1986. Вып. 219. С. 56-67.
7. *Волеваха В.А., Прохоренко В.М.* Рекомендации к прогнозу умеренного и сильного гололеда на Украине. Труды УкрНИГМИ. 1991. Вып. 239. 48-55.
8. *Гледко Ю.А., Бережкова Е.С.* Анализ метеорологической обстановки в условиях обледенения и гололеда. География. Геология. БГУ. 2020. Вып. 2. С. 14-25.
9. Инструкция по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД», а также его дочерних и зависимых обществах. Вагоны и вагонное хозяйство. Изд-во Российские железные дороги. М.: 2014. № 3 (39). С. 14-22.
10. Климат Украины [Монография] / Под ред. Г.Ф. Прихотьюко, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 413 с.
11. Клімат України [Монографія] / За ред.. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Вид-во. Раєвського, 2003. 343 с.
12. *Кошенко А.М.* Особо опасные отложения гололеда на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1976. Вып. 134. С. 79-91.
13. *Кошенко А.М.* Рекомендации к прогнозу фронтальных гололедов на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып. 113. С. 3-8
14. *Кошенко А.М.* Некоторые характеристики внутримассовых гололедов на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып. 113. С. 9-18.
15. *Минуллин Р.Г., Губарев Д.Ф.* Обнаружение гололедных образований на линиях электропередачи локационным зондированием. Казань. 2010. – 209 с.
16. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні і стихійні явища погоди. КД 52.4.3.01-03. Державна гідрометеорологічна служба. Київ. 2003. – 30 с.
17. Настанова з гідрометеорологічного прогнозування. Нормативний документ. Київ, 2019. 35 с.
18. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Вип. 3. Ч. 1. Метеорологічні спостереження на станціях. Керівний документ. Державна гідрометеорологічна служба. Київ, 2011. 279 с.
19. Опасные явления погоды на Украине [Монография] / Под ред. К.Т. Логвинова. Труды УкрНИГМИ. 1972. Вып. 110. 235 с.
20. Природа Украинской ССР. Климат [Монография] / Под ред. К.Т. Логвинова, М.И. Щербаня. - К.: Наукова думка, 1984. 231 с.
21. *Прохоренко М.М., Раевский А.Н.* Особенности распределения гололедно-изморозевых отложений на территории Украины в аномальные зимы. Метеорология, климатология и гидрология, 1975. Вып. 11. С. 33-37.
22. *Пясецька С.І.* Характер масового розповсюдження відкладень ожеледі на території України в останнє двадцятиріччя протягом 2001-2010 та 2011-2020 рр. Матеріали міжнародної наукової конференції «Перспективи дослідження Землі: поточний стан та раціональне використання ресурсів». 28-29 грудня 2021 р. м. Люблін, Республіка Польща [Prospects for Earth exploration: current state and rational use of resources. Lublin, Republic of Poland. December 28-29. 2021]. С. 82-86. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-183-1-22>.
23. *Пясецька С.І.* Особливості розповсюдження масових випадків відкладень ожеледі, налипання мокрого снігу та складних відкладень категорії НЯ (небезпечної) та СГЯ (стихійної) на території України протягом останнього десятиріччя 2011-2020 рр. [Колективна монографія]. Нові імпульси розвитку природничих наук в Україні та країн ЄС. [New impulses for the development of natural sciences in Ukraine and EU countries. Wloclawek, 2021]. С. 135-163. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-141-1-6>
24. *Пясецька С.І.* Характеристика випадків масового розповсюдження відкладень ожеледі на території України у місяці холодного періоду року та окремі місяці перехідних сезонів по десятиріччях періоду 1991–2020 рр. [Колективна монографія]. Сучасний стан фундаментальних і прикладних природничих наукових досліджень. [The current state of fundamental and applied natural sciences research. Wloclawek, 2022]. С. 276-300. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-13>
25. *Раевский А.Н.* К вопросу о повторяемости гололеда. Метеорология и гидрология. 1953. № 1. С. 28-31.
26. *Раевский А.Н.* Влияние рельефа на распределение гололеда на территории Украины. Труды УкрНИГМИ, 1961. Вып. 29. С. 50-62.

27. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. I. Л.: Гидрометеиздат. 1986. 702 с.
28. Стихийные метеорологические явления на Украине и Молдавии [Монография] / Под ред. В.Н. Бабиченко. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. 223 с.
29. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) [Монографія] / За ред. В.М.Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М. Бабиченко. К.: Вид-во Ніка-Центр, 2006. 311 с.

References

1. Arzhanova N.M., Bulygina O.N., Korshunova N.N. Spetsializirovannyi massiv dannykh gololedno-izmorozevykh yavleniy dlya monitoringa klimata i klimaticheskikh issledovaniy [Specialized ice-hoar frost data array for climate monitoring and climate research]. Trudy VNIIGMI-MTSD. 2018. Vyp. 182. S. 101-110.
2. Arzhanova N.M., Korshunova N.N. Kharakteristiki gololedno-izmorozevykh yavleniy na territorii Rossii v usloviyakh sovremennykh izmeneniy klimata [Characteristics of ice-hoar frost phenomena on the territory of Russia under the conditions of modern climate change]. Trudy VNIIGMI-MTSD. 2019. Vyp. 184. S. 33-44.
3. Arzhanova N.M., Korshunova N.N. Monitoring kharakteristik gololedno-izmorozevykh otlozheniy na territorii Rossii v kholodnyy sezon 2017-2018 godov [Monitoring of the characteristics of ice-frost deposits on the territory of Russia in the cold season of 2017-2018]. Trudy GGO. 2020. Vyp. 597. S. 90-103.
4. Bezopasnost' v chrezvychaynykh situatsiyakh. Monitoring i prognozirovaniye opasnykh meteorologicheskikh yavleniy i protsessov [Safety in emergency situations. Monitoring and forecasting of dangerous meteorological phenomena and processes. State standard of the Republic of Belarus. STB. 1406-2003]. Gosudarstvennyy standart Respubliki Belarus'. STB. 1406-2003 (GOST R 22.1.07-99). 15 s.
5. Volevakha N.M. O vliyaniy orografii na gololednyye otlozheniya [On the effect of orography on ice deposits]. Trudy UkrNIGMI, 1958. Vyp. 13. S. 82-86.
6. Volevakha V.A., Volkonskaya N.K., Bashkirov L.Ye. O vozmozhnosti prognozirovaniya intensivnosti otlozheniya gololeda [On the possibility of predicting the intensity of ice deposition]. Trudy UkrNIGMI, 1986. Vyp. 219. S. 56-67.
7. Volevakha V.A., Prokhorenko V.M. Rekomendatsii k prognozu umerennogo i sil'nogo gololeda na Ukraine [Recommendations for the forecast of moderate and heavy ice in Ukraine]. Trudy UkrNIGMI. 1991. Vyp. 239. 48-55.
8. Gledko YU.A., Berezhkova Ye.S. Analiz meteorologicheskoy obstanovki v usloviyakh obledineniya i gololeda [Analysis of the meteorological situation in conditions of icing and ice]. Geografiya. Geologiya. BGU. 2020. Vyp. 2. S. 14-25.
9. Instruksiya po podgotovke k rabote v zimniy period i organizatsii snegobor'by na zheleznykh doroga, v drugikh filialakh i strukturnykh podrazdeleniyakh OAO «RZHD», a takzhe yego dochernikh i zavisimyykh obshchestvakh [Instructions for preparing for work in the winter period and organizing snow fighting on railways, in other branches and structural divisions of Russian Railways, as well as its subsidiaries and affiliates]. Vagony i vagonnoye khozyaystvo. Izd-vo Rossiyskiye zheleznyye dorogi. M.: 2014. № 3 (39). S. 14-22.
10. Klimat Ukrainy [Monografiya] / Pod red. G.F. Prihot'ko, A.V. Tkachenko, V.N. Babichenko. [Climate of Ukraine]. – L.: Gidrometeizdat, 1967. 413 s.
11. Klímat Ukraїni [Monografiya] / Za red. V.M. Lípíns'kogo, V.A. Dyachuka, V.M. Babíchenko [Climate of Ukraine]. – K.: Vid-vo. Raévs'kogo, 2003. 343 s.
12. Koshenko A.M. Osobo opasnyye otlozheniya gololeda na Ukraine [Particularly dangerous ice deposits in Ukraine] Trudy UkrNIGMI, 1976. Vyp. 134. S. 79-91.
13. Koshenko A.M. Rekomendatsii k prognozu frontal'nykh gololedov na Ukraine [Recommendations for the forecast of frontal ice in Ukraine]. Trudy UkrNIGMI, 1972. Vyp. 113. S. 3-8.
14. Koshenko A.M. Nekotoryye kharakteristiki vnutrimassovykh gololedov na Ukraine [Some characteristics of intramass ice in Ukraine]. Trudy UkrNIGMI, 1972. Vyp. 113. S. 9-18.
15. Minullin R.G., Gubarev D.F. Obnaruzheniye gololednykh obrazovaniy na liniyakh elektroperedachi lokatsionnym zondirovaniyem [Detection of ice formations on power lines by location sounding]. Kazan'. 2010. – 209 s.
16. Nastanova po sluzhbi prognoziv ta poperedzhen' pro nebezpechni i stikhiyni yavishcha pogodi. KD 52.4.3.01-03 [Instruktion according to the service of forecasts and warning about the unsafe and natural phenomena of the weather. KD 52.4.3.01-03. State hydrometeorological service]. Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba. Kíiv. 2003. 30 s.
17. Nastanova z gidrometeorologichnogo prognozuvannya. Normativniy document [Instruktion from hydrometeorological forecasting. Normative document]. Kíiv, 2019. 35 s.
18. Nastanova gidrometeorologichnim stantsiyam i postam. Vip. 3. CH. 1. Meteorologichni sposterezhennya na stantsiyakh. Kerivniy dokument. Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

[Instruktion for hydrometeorological warnings at stations. Core document. State hydrometeorological service]. Kyiv, 2011. 279 s.

19. Opasnyye yavleniya pogody na Ukraine [Monografiya] / Pod red. K.T. Logvinova [Dangerous weather phenomena in Ukraine]. Trudy UkrNIGMI. 1972. Vyp. 110. 235 s.

20. Priroda Ukrainskoy SSR. Klimat [Monografiya] / Pod red. K.T. Logvinova, M.I. Shcherbanya [Nature of the Ukrainian SSR. Climate] - K.: Naukova dumka, 1984. 231 s.

21. Prokhorenko M.M., Rayevskiy A.N. Osobennosti raspredeleniya golodno-izmorozevykh otlozheniy na territorii Ukrainy v anomal'nyye zimy [Peculiarities of distribution of ice-hoar frost deposits on the territory of Ukraine in anomalous winters]. Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya, 1975. Vyp. 11. S. 33-37.

22. Pyasetska S.I. Kharakter masovogo rozpovsyudzhennya vidkladen' ozheledi na teritorii Ukraini v ostannê dvadtsyatirichchya protyagom 2001-2010 ta 2011-2020 rr. Materiali mizhnarodnoi naukovoï konferentsii Perspektivi doslidzhennya Zemli: potochnyi stan ta ratsional'ne vikoristannya resursiv. 28-29 grudnya 2021 r. m. Lyublín, Respublika Pol'shcha [Prospects for Earth exploration: current state and rational use of resources. Lublin, Republic of Poland. December 28-29. 2021]. S. 82-86. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-183-1-22>.

23. Pyasetska S.I. Osoblivosti rozpovsyudzhennya masovikh vipadkiv vidkladen' ozheledi, nalipannya mokrogo snigu ta skladnikh vidkladen' kategoriï NYA (nebezpechnoi) ta SGYA (stikhiynoi) na teritorii Ukraini protyagom ostann'ogo desyatirichchya 2011-2020 rr. [Kolektivna monografiya]. Novii impul'si rozvitku prirodnichikh nauk v Ukraini ta kraïn ES. [New impulses for the development of natural sciences in Ukraine and EU countries. Wloclawek, 2021]. S. 135-163. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-141-1-6>

24. Pyasetska S.I. Kharakterystyka vipadkiv masovoho rozpovsyudzhennya vidkladen' ozheledi na teritorii Ukrainy u misyatsi kholodnoho periodu roku ta okremi misyatsi perekhidnykh sezoniv po desyatirichchakh periodu 1991-2020 rr. [Kolektivna monografiya]. Characteristics of cases of mass distribution of ice deposits on the territory of Ukraine in the months of the cold period of the year and some months of transition seasons by decades of the period 1991-2020 [Collective monograph]. The current state of basic and applied natural science research. Wloclawek, 2022. S. 276-300. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-13>

25. Raevskiy A.N. K voprosu o povtoryayemosti goloda [To the question of the repeatability of ice.]. Meteorologiya i gidrologiya. 1953. № 1. S. 28-31.

26. Raevskiy A.N. Vliyaniye rel'yefa na raspredeleniye goloda na territorii Ukrainy [Influence of the relief on the distribution of ice on the territory of Ukraine.]. Trudy UkrNIGMI, 1961. Vyp. 29. S. 50-62.

27. Rukovodstvo po kratkosrochnym prognozam pogody [Guide to short-range weather forecasts] CH. I. L.; Gidrometeoizdat. 1986. 702 s.

28. Stikhiynyye meteorologicheskiye yavleniya na Ukraine i Moldavii [Monografiya] / Pod red. V.N. Babichenko [Natural meteorological phenomena in Ukraine and Moldova]. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 223 s.

29. Stikhiyni meteorologichni yavishcha na teritorii Ukraini za ostannê dvadtsyatirichchya (1986-2005 rr.) [Monografiya] / Za red. V.M.Lipinskogo, V.I.Osadchogo, V.M. Babichenko [Natural meteorological phenomena on the territory of Ukraine for the rest of the twenty years (1986-2005)]. K.: Vid-vo Nika-Tsentru, 2006. 311 s.

Deposition of ice in the category of DP (dangerous) and SHP (spontaneous) hydrometeorological phenomena of mass distribution in Ukraine during the decades 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020.

Pyasetska S. I.

The presented work is devoted to the study of ice deposits of the category of DP (dangerous) and SHP (spontaneous) of mass distribution in Ukraine during the last 30 years (1991-2020) at certain ten-year intervals. It is established that the period 1991-2000 will be distinguished by the total number of cases of mass distribution of ice deposits of the DP category, and the periods 2001-2010 and 2011-2020 are almost equivalent. The peculiarities of the manifestation of cases of mass deposition of ice of the DP category on the territory of Ukraine in separate months of the studied ten - year intervals are shown and the years in which such cases were the most are revealed. Thus, the largest number of such cases was observed in 1998, 1999, 2009, 2013, 2014, 2018. That is, in the last decade the number of years with such cases has increased slightly. It was found that in the studied decades the largest number of such cases was detected in the winter months (December-February), but from decade to decade they had their own dynamics, namely - their predominant increase in January (relative to 1991-2000) and volatile change in February and December (from period to period there is a variation in the number of cases). Thus, in February 2001-2010, compared to 1991-2000, there is an increase in the number of such cases, and in 2011-2020, on the contrary, there is a rather sharp decrease. In December 2001-2010, the number of such cases decreased slightly compared to 1991-2000, and in 2011-2020 slightly increased. In March, the number of cases of mass spread of ice deposits of the DP category did not change during the studied ten-year periods. In November, the largest number of such cases was observed during 1991-2000. The largest contribution to the number of such cases was in 1998 and 1999. During

2001-2010, it decreased significantly, and in the following decade 2011-2020 it more than doubled compared to with the last decade.

Cases of mass deposition of ice in the SHP category have also changed over the decades under study. The largest number of them was observed during 1991-2000 and 2011-2020, and in the first decade they were mostly observed in November, and in the last in January. For the most part, ice deposits of the NE and OHS categories during their mass distribution are observed at 2 or 3-4 stations and within 2 (3-4) oblasts. However, in some cases, especially in the winter months, they may be larger.

Key words: ice deposits of the category of DP (dangerous) and SHP (spontaneous), mass distribution of ice deposits of large diameters, distribution of cases of mass deposits of ice of NF and OHS by decades of the period 1991-2020.

Надійшла до редколегії 26.06.2022

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.7>

УДК 551.580

Рибченко Л.С., Савчук С.В.

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

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІН СКЛАДОВИХ РАДІАЦІЙНОГО РЕЖИМУ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ЗА 1991-2020 РР. ВІДНОСНО 1961-1990 РР. В УКРАЇНІ

Наведено результати змін складових радіаційного режиму: прямої, розсіяної та сумарної сонячної радіації, альbedo підстильної поверхні, радіаційного балансу, тривалості сонячного сяйва за окремі місяці холодного та теплого періоду, рік у 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр. Найбільших змін зазнали тривалість сонячного сяйва, такі складові радіаційного балансу: пряма та розсіяна радіація. Характерним є збільшення за теплий період року на більшій території тривалості сонячного сяйва та прямої радіації, особливо на північному сході, півночі, заході та прямої радіації на півдні. Дещо зменшилась ТСС в осередку півдня, а пряма радіація – відчутно на півночі, у південному Степу. Зменшилась розсіяна радіація практично у всі місяці майже повсюдно в Україні, особливо у південному Степу, на півдні, півночі, Закарпатті; але незначно за рік і теплий період на північному сході, північному заході, у центрі. Частково збільшилась сумарна радіація, зокрема в теплий період, особливо у центрі, на північному сході, відчутно на північному заході, півдні; при істотному зменшенні на півночі, у південному Степу, значному на Закарпатті. Переважно дещо збільшилось альbedo, особливо в теплий період на півдні, у південному Степу; при зменшенні на Закарпатті. Збільшився радіаційний баланс, зокрема в теплий період, на значній території, особливо на північному сході, північному заході, півночі; при істотному зменшенні у південному Степу, на півночі.

Ключові слова: складові радіаційного режиму сонячної радіації.

Вступ, актуальність теми дослідження. Промениста енергія Сонця є основним і практично єдиним джерелом енергії тепла для поверхні Землі й атмосфери, одним із основних кліматоутворюючих факторів. Вона спрямовується на нагрівання верхніх шарів ґрунту та води, а від них повітря. Нагріта поверхня Землі й атмосфера, випромінюючи невидиму інфрачервону радіацію у світовий простір, охолоджується. Сонячна радіація залежить від астрономічних чинників – висоти Сонця, тривалості дня.

Особливості сучасного клімату впливають на розподіл складових радіаційного режиму, їх зміну протягом останнього тридцятиріччя (1991-2020 рр.) відносно попередньої кліматологічної стандартної норми (1961-1990 рр.). Це зумовлює доцільність визначення динаміки складових радіаційного режиму, їх просторового розподілу.

Вихідні передумови. Протягом періоду спостережень, спостерігаються істотні зміни у надходженні потоків короткохвильової радіації, зумовлені умовами проходження крізь земну атмосферу та відбивною спроможністю підстильної поверхні. Внаслідок характеру атмосферної циркуляції, інших природних чинників ці зміни набули системного характеру та за окремі періоди тенденції їх коливань відзначаються різними знаками [2, 3]. Потoki короткохвильової радіації, що надходять до земної поверхні визначають формування окремих метеорологічних величин. Вони зазнають істотних коливань внаслідок природних й антропогенних чинників [4, 8, 9, 11]. Великий вплив на розповсюдження та коливання сонячної радіації належить хмарності, фізичним властивостям атмосфери [1]. Аналіз

окремих складових радіаційного режиму доводить, що найбільша нестійкість притаманна тривалості сонячного саява, складовим сумарної радіації – прямій та розсіяній [5-7, 10].

Мета, матеріали та методи дослідження. У ході дослідження використано архів спостережень метеорологічної й актинометричної мережі спостережень ЦГО імені Бориса Срезневського ДСНС України. Складено базу даних за окремими складовими радіаційного режиму. На підставі методів математичної статистики проведено розрахунки їх просторово-часового розподілу по території країни.

Мета роботи – дослідження та проведення аналізу змін тривалості сонячного саява (ТСС, год), прямої (S' , МДж/м²), розсіяної (D , МДж/м²) і сумарної (Q , МДж/м²) сонячної радіації, альbedo підстильної поверхні (A_k , %) і повного радіаційного балансу (B , МДж/м²) протягом окремих місяців, холодного та теплого періоду й рік у 1991-2020рр. відносно 1961-1990 рр.

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами виконаних досліджень, найбільших змін зазнали в 1991-2020 рр. щодо 1961-1990 рр. зазнали тривалість сонячного саява, деякі складові радіаційного балансу: пряма та розсіяна сонячна радіація.

Тривалість сонячного саява є однією із важливих характеристик радіаційного режиму. Вона визначається світлою частиною доби, хмарністю та збільшується з півночі на південь. Широтний розподіл ТСС порушується внаслідок особливостей режиму хмарності. Неоднорідність підстильної поверхні призводить до мозаїчності у розподілі ТСС у горах. З підвищенням висоти у гірських районах, на відкритій місцевості, спостерігається збільшення годин сонячного саява, а розчленованість рельєфу призводить до їх зменшення. Важливим є використання даних вимірів ТСС у розрахунках для потреб: агрометеорології при визначенні продуктивності сільськогосподарського виробництва; геліоенергетики при визначенні рентабельності експлуатації геліоенергетичних установок для виробництва електричної енергії; будівництва й експлуатації споруд різного призначення.

Протягом холодного періоду року ТСС у 1991-2019 рр. дещо зменшилась порівняно з попереднім тридцятиріччям, проте у теплий період – збільшилась майже по всій території країни (рис. 1).

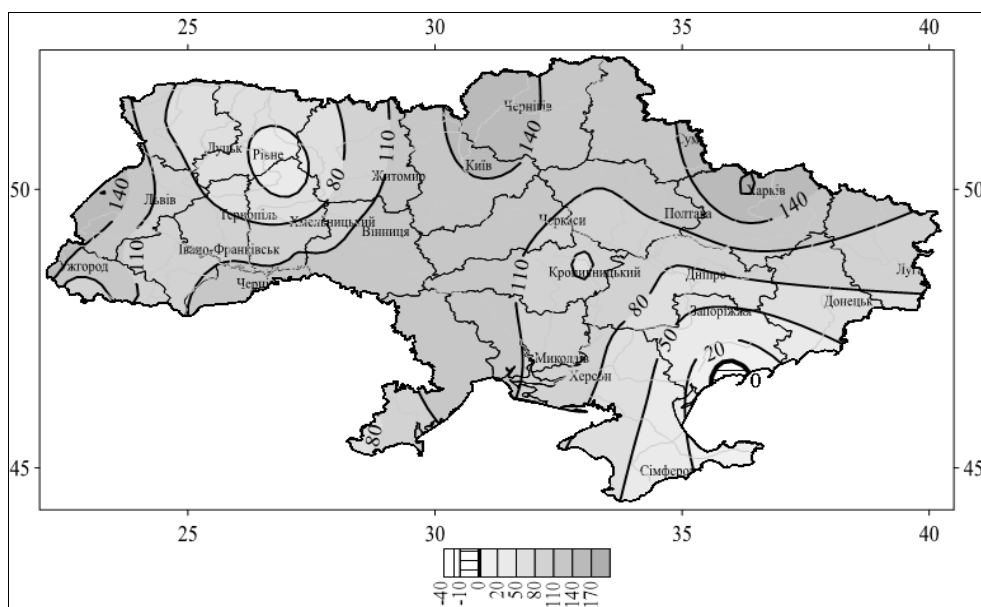


Рис. 1. Відхилення тривалості сонячного саява (ТСС, год) за теплий період року в 1991-2019 рр. відносно 1961-1990 рр.

Згідно з рис. 1, збільшення ТСС у теплий період року поточного тридцятиріччя відносно попереднього було істотним майже по всій території, особливо на північному

сході (Харків), півночі (Чернігів), заході (Яворів, Ужгород) країни. Дещо зменшилась ТСС в осередку півдня (Ботієве). Часткове зменшення ТСС холодного періоду не суттєво вплинуло на формування річної тривалості, що зумовило її збільшення на переважній частині України. Визначені зміни у формуванні ТСС супроводжуються змінами впродовж вегетаційного періоду, з тенденцією посилення посушливості, істотним чином впливають на умови вирощування сільськогосподарських культур у нашій країні; зумовлюючи їх поширення територією.

Проведений аналіз складових радіаційного балансу за останнє 30-річчя визначив їх відхилення щодо попередньої норми.

Надходження короткохвильової радіації у вигляді потоку прямої сонячної радіації безпосередньо від Сонця та розсіяної радіації небосхилу складають сумарну сонячну радіацію, що формує прибуткову частину радіаційного балансу та залежить від кількості й форми хмарності, фізико-хімічних властивостей атмосфери. Режим хмарності унаслідок перетворень атмосферної циркуляції призводить до неоднакових змін сонячної радіації до земної поверхні. Антропогенна складова визначає істотні коливання у надходженні потоків короткохвильової радіації.

Зміна прямої сонячної радіації в 1991-2020 рр. порівняно з 1961-1990 рр. спостерігалась по всій території протягом холодного та теплого періоду року. За холодний період пряма радіація переважно зменшилась по Україні, проте збільшилась у теплий період, про що свідчать значення її відхилення між двома тридцятиріччями (рис. 2).

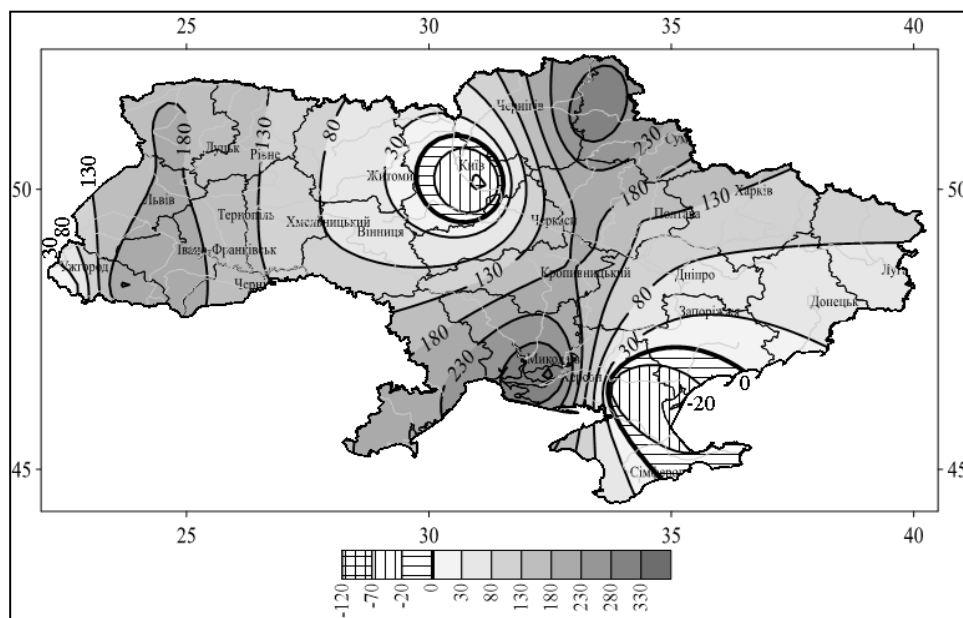


Рис. 2. Відхилення прямої сонячної радіації (S' , МДж/м²) за теплий період року в 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр.

За рис. 2, збільшення прямої радіації відносно попереднього 30-річчя у теплий період року відмічалось на більшості території та було найсуттєвішим на півдні (Херсон, Одеса), північному сході (Конотоп), півночі (Покошичі), заході (Міжгір'я), за рахунок червня та липня. Відчутне зменшення прямої радіації фіксувалось на півночі (Бориспіль), у південному Степу (Асканія Нова).

Проведені розрахунки внеску прямої сонячної радіації у сумарну довели постійне й істотне збільшення прямої радіації протягом теплого періоду та рік у 1991-2020 рр. щодо 1961-1990 рр. (табл. 1).

Згідно з табл. 1, збільшення внеску прямої сонячної радіації у сумарну, здебільшого за теплий період року та рік, у 1990-2020 рр. порівняно з 1961-1990 рр. засвідчувало істотні зміни у надходженні короткохвильової радіації до рівня підстильної поверхні протягом останнього тридцятиріччя.

Таблиця 1. Внесок прямої сонячної радіації у сумарну сонячну радіацію (%) за окремі періоди

Період	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
	Покошичі												
1991-2020	26	32	43	49	56	58	56	58	52	44	27	36	51
1961-1990	26	29	37	43	46	49	48	50	51	40	24	21	45
	Конотоп												
1991-2020	28	36	46	53	59	60	60	60	55	47	31	24	55
1961-1990	31	35	42	44	50	52	51	53	51	43	30	29	48
	Ковель												
1991-2020	21	32	40	48	50	52	51	54	48	41	26	15	47
1961-1990	28	32	40	41	48	48	46	50	44	40	28	22	44
	Бориспіль												
1991-2020	27	31	41	49	53	56	57	57	53	45	28	25	51
1961-1990	31	34	41	46	51	50	51	54	52	46	33	26	48
	Нова Ушиця												
1991-2020	35	33	42	49	53	54	54	59	54	44	31	25	50
1961-1990	29	31	44	44	45	49	50	53	52	47	32	31	46
	Полтава												
1991-2020	30	35	43	50	57	59	60	60	60	49	35	23	54
1961-1990	35	38	43	49	56	54	59	59	58	49	35	27	53
	Міжгір'я												
1991-2020	27	33	40	45	47	48	51	54	48	40	28	22	45
1961-1990	26	35	40	36	38	36	40	43	40	40	28	26	40
	Берегове												
1991-2020	23	32	40	45	50	53	53	57	48	41	26	19	48
1961-1990	24	33	45	44	4/8	46	50	51	49	50	29	25	46
	Одеса												
1991-2020	32	40	46	64	62	64	66	67	62	52	40	34	61
1961-1990	35	37	43	51	59	58	60	56	59	52	37	31	51
	Болград												
1991-2020	39	45	51	54	58	62	64	64	60	57	45	40	58
1961-1990	36	38	46	49	54	56	51	51	58	55	40	35	52
	Херсон												
1991-2020	32	39	45	55	60	62	64	65	61	52	38	30	57
1961-1990	32	34	42	46	54	52	55	59	58	51	33	36	51
	Асканія Нова												
1991-2020	31	35	43	53	57	58	62	61	58	52	37	28	54
1961-1990	33	36	42	46	54	57	56	59	58	52	34	28	52
	Карадаг												
1991-2014	38	43	47	54	62	63	69	67	63	54	43	35	62
1961-1990	36	38	46	49	55	60	60	62	61	54	43	36	55
	Нікітський Сад												
1991-2014	40	44	43	54	63	65	69	69	65	57	49	40	61
1961-1990	40	43	50	55	57	62	63	64	64	58	46	44	58

Суми розсіяної сонячної радіації зменшились у поточному тридцятиріччі щодо попереднього протягом місяців року майже по всій території. Проте за теплий період зменшення розсіяної радіації було суттєвіше ніж за холодний. Від'ємне відхилення розсіяної радіації за теплий період спостерігалось повсюдно по країні (рис. 3).

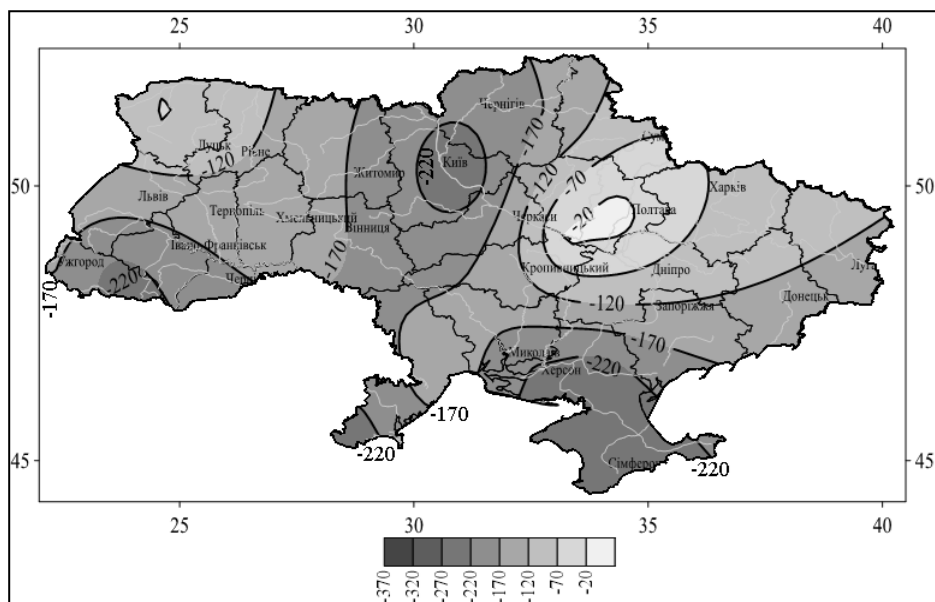


Рис. 3. Відхилення розсіяної сонячної радіації (D , МДж/м²) за теплий період року в 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр.

Зменшення розсіяної радіації між 30-річчями протягом холодного та теплого періоду року, призвело до зменшення річних сум. Найбільші значення від'ємних відхилень річної суми розсіяної радіації спостерігались на півночі (Бориспіль), південному Степу (Асканія Нова), півдні (Болград, Херсон), Закарпатті (Міжгір'я); а за теплий період – у південному Степу (Асканія Нова), на півдні (Болград, Херсон), півночі (Бориспіль), Закарпатті (Міжгір'я) (рис. 3). Незначні від'ємні відхилення за рік і теплу пору відзначались на північному сході (Полтава), у центрі (Світловодськ), на північному заході (Ковель) країни, що відповідає регіонам значного збільшення прямої радіації.

Збільшення прямої радіації між двома 30-річчями за теплий період і зменшення розсіяної за рік призвело до не однозначних змін сумарної сонячної радіації (рис. 4).

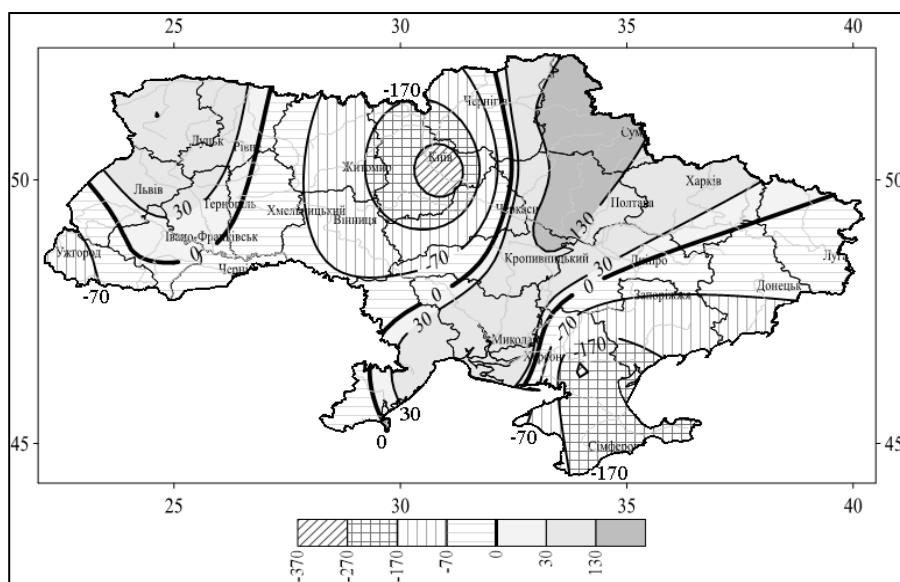


Рис. 4. Відхилення сумарної сонячної радіації (Q , МДж/м²) за теплий період року в 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр.

Сумарна сонячна радіація, що досягає земної поверхні, визначається двома потоками: прямою та розсіяною. У річному ході місячні суми сумарної радіації змінюються

відповідно до річного ходу висоти Сонця, тривалості дня, хмарності та прозорості атмосфери.

У 1991-2020 рр. щодо попереднього 30-річчя спостерігалось суттєве збільшення сумарної радіації протягом року в центрі (Світловодськ), на північному сході (Конотоп, Полтава), півдні (Херсон); а істотне зменшення – на півночі (Бориспіль), південному Степу (Асканія Нова), Закарпатті (Берегове). При цьому, згідно з рис. 4, сумарна радіація у теплий період року суттєво збільшилась у центрі (Світловодськ), на північному сході (Конотоп, Полтава), відчутно на північному заході (Ковель), півдні (Херсон); а найбільше зменшилась – на півночі (Бориспіль), у південному Степу (Асканія Нова), значно на Закарпатті (Берегове).

Альbedo підстильної поверхні характеризує відбивну спроможність підстильної поверхні та визначається процентним відношенням відбитої сонячної радіації до сумарної. Протягом року альbedo характеризується істотною мінливістю у холодний період і стабільністю у теплий.

Особливість результатів порівняння альbedo підстильної поверхні в 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр. визначалась незначними коливаннями по території країни. Протягом теплого періоду року до останнього тридцятиріччя альbedo переважно збільшувалось, що відбувалось внаслідок зміни атмосферних процесів і призводило до освітлення дієвої поверхні (рис. 5).

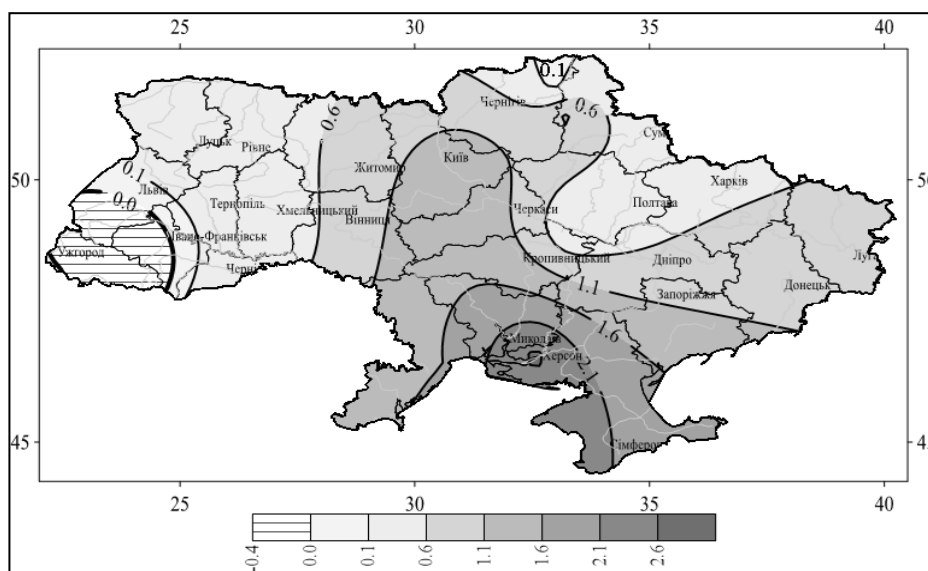


Рис. 5. Відхилення альbedo підстильної поверхні ($A_s\%$) за теплий період року в 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр.

За рис. 5, переважно спостерігалось збільшення альbedo між 30-чними періодами по території, особливо на півдні (Херсон, Одеса), у південному Степу (Асканія Нова) та на півночі (Бориспіль); при локальному зменшенні на Закарпатті (Міжгір'я).

Радіаційний баланс – це різниця між надходженням і витратою променистої енергії, що поглинається та випромінюється підстильною поверхнею й атмосферою або системою земна поверхня - атмосфера. Формування радіаційного балансу визначається тривалістю сонячного сяйва, хмарністю, прозорістю та стратифікацією атмосфери, характером і станом підстильної поверхні. Радіаційний баланс впливає на температурний режим ґрунту та прилеглих шарів повітря, процеси випаровування та транспірації, формує різні макро - та мікрокліматичні особливості окремих територій, а його коливання призводить до їх істотної мінливості.

Зміна складових радіаційного балансу за поточне тридцятиріччя відносно попередньої норми стало основою для визначення коливань, що відбулись із радіаційним балансом підстильної поверхні.

У 1991-2020 рр. радіаційний баланс підстильної поверхні за рік, і зокрема теплий період, збільшився відносно 1961-1990 рр. на більшій частині країни (рис.6).

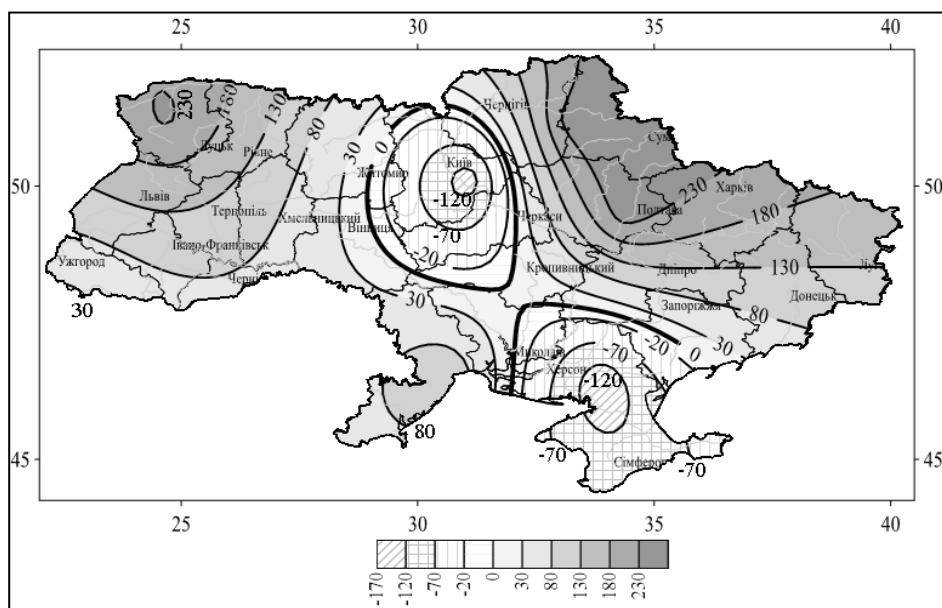


Рис. 6. Відхилення радіаційного балансу (B , МДж/м²) за теплий період року в 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр.

Згідно з рис. 6, найбільше збільшення значень радіаційного балансу за теплий період у останньому 30-річчі відносно попереднього спостерігалось на північному сході (Конотоп, Полтава), північному заході (Ковель), півночі (Покошичі). Найбільше зменшення радіаційного балансу відзначено у південному Степу (Асканія Нова) та на півночі (Бориспіль). Отримані результати відповідають розподілу сумарної радіації.

Висновки. За результатами проведених розрахунків визначено зміни складових радіаційного режиму за окремі місяці, періоди року та рік у 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр.:

1. Характерним є збільшення на більшій території за теплий період тривалості сонячного сяйва та прямої сонячної радіації, особливо на північному сході, півночі, заході, та прямої радіації ще на півдні. Дещо локально зменшилась ТСС на півдні, а пряма радіація – відчутно на півночі, у південному Степу.

2. Зменшилась розсіяна радіація практично у всі місяці майже повсюдно в Україні, особливо у південному Степу, на півдні, півночі, Закарпатті. Незначними були зменшення за рік і теплу пору на північному сході, північному заході, у центрі, що відповідає регіонам значного збільшення прямої радіації.

3. Частково збільшилась сумарна радіація, зокрема протягом теплого періоду, особливо у центрі, на північному сході, відчутно на північному заході, півдні; а істотно зменшилась на півночі, у південному Степу, значно на Закарпатті.

4. Дещо збільшилось альbedo підстильної поверхні на більшій території, особливо за теплий період на півдні, у південному Степу; при деякому зменшенні на Закарпатті.

5. Збільшився радіаційний баланс підстильної поверхні, зокрема у теплий період, на значній території, значно на північному сході, північному заході, півночі; але істотно зменшився у південному Степу, на півночі; що відповідає розподілу сумарної радіації.

Визначені зміни у формуванні складових радіаційного режиму супроводжуються коливаннями за вегетаційний період, із тенденцією посилення посушливості; що впливає на умови вирощування сільськогосподарських культур у нашій країні, зумовлюючи поширення території. Їх значущість у енергетиці обумовлена необхідністю визначення рентабельності експлуатації геліоенергетичних установок для виробництва електричної енергії. Отримані висновки важливі для використання у будівництві й експлуатації споруд різного призначення та кліматичного обслуговування галузей економіки.

Список літератури

1. Заболоцька Т.М., Шпиг В.М., Ціла А.Ю. Циркуляційні процеси та хмарний покрив упродовж періоду глобального потепління. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. №1 (59). С. 76-91. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.8>
2. Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине. *Геофизич. журн.* 2006. Т. 1 (28). С. 51-60.
3. Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю. Изменения атмосферной циркуляции в Северном полушарии в течение периода глобального потепления в XX веке. *Укр. геогр. журн.* 2007. № 3. С. 10-19.
4. Осадчий В.І., Бабіченко В.М., Набіванець Ю.Б., Скринник О.Я. Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спостережень. К.: Ніка-центр, 2013. 308 с.
5. Рибченко Л.С. Тривалість сонячного сяйва. *Клімат України: колективна монографія / за ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко*. К.: Вид-во Раєвського, 2003. С. 42-45; Її ж. Розсіяна сонячна радіація. Сумарна сонячна радіація. Альbedo підстильної поверхні і поглинута короткохвильова радіація. Ефективне випромінювання. Радіаційний баланс. *Клімат України: колективна монографія / за ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко*. К.: Вид-во Раєвського, 2003. С. 50-65.
6. Рибченко Л.С. Про радіаційний баланс підстильної поверхні в Україні. *Зб. наук. праць. ВІСНУ ім. Т.Шевченка*. 2007. Вип. 8. С. 42-50.
7. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Зміна тривалості сонячного сяйва в Україні за останнє двадцятиріччя. *Фізична географія та геоморфологія*. 2009. Вип. 57. С. 96-104. URL: https://www.researchgate.net/profile/Alina_Semergeri-Chumachenko/publication/315457786_STATISTICNI_HARAKTERISTIKI_SVIDKOSTI_VITRU_NAD_SHODOM_UKRAINI_U_SICNI_NA_FONI_KLIMATICNIH_ZMIN_httpaokornusatuaBOOKSFG57pdfpage23/inks/58d0e82aaca272df6a6c5461/STATISTICNI-HARAKTERISTIKI-SVIDKOSTI-VITRU-NAD-SHODOM-UKRAINI-U-SICNI-NA-FONI-KLIMATICNIH-ZMIN-httpaokornusatua-BOOKS-FG57pdfpage23.pdf
<http://surl.li/cpdzcc>
8. Рибченко Л.С., Ревера Т.О. Сумарна сонячна радіація та альbedo підстильної поверхні в Україні. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 99-112.
9. Рибченко Л.С. Радіаційний режим на території України в холодний і теплий періоди. *Укр. геогр. жур.* 2010. № 4. С. 28-36.
10. Рибченко Л.С. Сонячне сяйво. Радіаційний баланс підстильної поверхні. *Клімат Києва: колективна монографія / за ред. В.І.Осадчого, О.О.Косовця, В.М.Бабіченко*. К.: Ніка-Центр, 2010. С. 29-48.
11. Рыбченко Л.С., Савчук С.В. Радиационный режим Украины в условиях изменения климата. *Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: Материалы Международной научной конференции*. Минск. 5-8 мая 2015 г. Белорус. гос. ун-т. Минск: Изд. Центр БГУ, 2015. С. 131-133. URL: <https://istina.msu.ru/download/9593547/1dWz4i:LEdDKJ-6GKNVydxcPaJRxxhzFI/>

References

1. Zabolots'ka T.M., Shpyh V.M., Tsila A.YU. Tsyrukulyatsiyni protsesy ta khmarnyy pokryv uprodovzh periodu hlobal'noho poteplinnya [Circulation processes and cloud cover during the period of global warming]. *Hidrolohiya, hidrokhiimiya i hidroekolohiya*. 2021. №1 (59). S. 76-91. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.8>
2. Martazinova V.F., Ivanova Ye.K., Chayka D.YU. Izmeneniya krupnomasshtabnoy atmosferno y tsirkulyatsii vozdukha na protyazhenii KHKH veka i yeye vliyaniye na pogodnyye usloviya i regional'nyuyu tsirkulyatsiyu vozdukha v Ukraine [Changes in large-scale atmospheric air circulation during the 20th century and its impact on weather conditions and regional air circulation in Ukraine]. *Heofizych. zhurn.* 2006. T. 1 (28). S. 51-60.
3. Martazinova V.F., Ivanova Ye.K., Chayka D.YU. Izmeneniya atmosferno y tsirkulyatsii v Severnom polusharii v techeniye perioda global'nogo potepleniya v KHKH veke [Changes in atmospheric circulation in the Northern Hemisphere during the period of global warming in the 20th century]. *Ukr. heohr. zhurn.* 2007. № 3. S. 10-19.
4. Osadchyy V.I., Babichenko V.M., Nabivanets' YU.B., Skrynnyk O.YA. Dynamika temperatury povitrya v Ukrayini za period instrumental'nykh meteorolohichnykh sposterezhen' [Dynamics of air temperature in Ukraine during the period of instrumental meteorological observations]. K.: Nika-tsentr, 2013. 308 s.
5. Rybchenko L.S. Tryvalist' sonyachnoho syayva [Duration of sunshine]. *Klimat Ukrayiny [Climate of Ukraine]: kolektyvna monohrafiya / za red. V.M.Lipins'koho, V.A.Dyachuka, V.M.Babichenko*. K.: Vyd-ISSN:2306-5680 *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2022. № 3 (65)

vo Rayevs'koho, 2003. S. 42-45; Her same. Rozsiyana sonyachna radiatsiya [Diffuse solar radiation]. Sumarna sonyachna radiatsiya [Total radiation]. Al'bedo pidstyl'noyi poverkhni i pohlynuta korotkikhvyl'ova radiatsiya [Albedo of the understory surface and absorbed short-wave solar radiation]. Efektyvne vyprominyuvannya [Effective radiation]. Radiatsiynyy balans [Radiation balance]. *Klimat Ukrayiny [Climate of Ukraine]: kolektyvna monohrafiya / za red. V.M.Lipins'koho, V.A.Dyachuka, V.M.Babichenko. K.: Vyd-vo Rayevs'koho, 2003. S. 50-65.*

6. Rybchenko L.S. Pro radiatsiynyy balans pidstyl'noyi poverkhni v Ukrayini [About the radiation balance of the subsoil surface in Ukraine]. *Zb. nauk prats'. VIKNU im. T.Shevchenka. 2007. Vyp. 8. S.42-50.*

7. Rybchenko L.S., Savchuk S.V. Zmina tryvalosti sonyachnoho syayva v Ukrayini za ostannyye dvadtsyatyrichchya [Changes in the duration of sunshine in Ukraine over the last twenty years]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfolohiya. 2009. Vyp. 57. S. 96-104. URL: https://www.researchgate.net/profile/Alina_Semergeri-Chumachenko/publication/315457786_STATISTICNI_HARAKTERISTIKI_SVIDKOSTI_VITRU_NAD_SH_ODOM_UKRAINI_U_SICNI_NA_FONI_KLIMATICNIH_ZMIN_httpaokornusatuaBOOKSFG57pdfpage23/inks/58d0e82aaca272df6a6c5461/STATISTICNI-HARAKTERISTIKI-SVIDKOSTI-VITRU-NAD-SHODOM-UKRAINI-U-SICNI-NA-FONI-KLIMATICNIH-ZMIN-http-aokornusatua-BOOKS-FG57pdfpage23.pdf*

8. Rybchenko L.S., Revera T.O. Sumarna sonyachna radiatsiya ta al'bedo pidstyl'noyi poverkhni v Ukrayini [Total solar radiation and albedo of the understory surface in Ukraine]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI. 2007. Vyp. 256. S. 99-112.*

9. Rybchenko L.S. Radiatsiynyy rezhym na terytoriyi Ukrayiny v kholodnyy i teplyy periody [Radiation regime on the territory of Ukraine in cold and warm periods]. *Ukr. heohr. zhur. 2010. № 4. S. 28-36.*

10. Rybchenko L.S. Sonyachne syayvo. Radiatsiynyy balans pidstyl'noyi poverkhni [Sunshine. Radiation balance of the underlying surface]. *Klimat Kyveva [The climate of Kyiv]: kolektyvna monohrafiya / za red. V.I.Osadchoho, O.O.Kosovtsya, V.M.Babichenko. K.: Nika-tsentr, 2010. S.29-48.*

11. Ribchenko L.S., Savchuk S.V. Radiatsiynyy rezhim Ukrainy v usloviyakh izmeneniya klimata [Radiation regime of Ukraine in the context of climate change]. *Problemy gidrometeorologicheskogo obespecheniya khozyaystvennoy deyatel'nosti v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Minsk. 5-8 maya 2015. Belarus. gos. un-t [Problems of hydrometeorological support of economic activity in a changing climate: materials of the International scientific conference. Minsk. May 5-8, 2015 Belarus. state un-t.]. Minsk: Izd. Tsentru BGU, 2015. S. 131-133. URL: <https://istina.msu.ru/download/9593547/1dWz4i:LEdDKJ-6GKNVdcxPaJRxxhzFI/>*

Determination of changes in the component radiation regime of solar radiation for 1991-2020 years in relation to 1961-1990 years in Ukraine

Rybchenko L.S., Savchuk S.V.

During the observation period, significant changes in the influx of short-wave solar radiation due to the conditions of their passage through the Earth's atmosphere and reflection from the underlying surface are registered. In the course of the study, the archive of observations of the meteorological and actinometric observation network of the Borys Sreznevsky Central Geophysical Observatory of the State Emergency Service of Ukraine was involved. A database of individual components of the Solar radiation regime has been compiled. Based on the methods of mathematical statistics, calculations of their spatial and temporal distribution on the territory of Ukraine were carried out. The results of changes in the components of the Solar radiation regime: direct, diffuse, and total solar radiation, albedo of the underlying surface, complete radiation balance and duration of sunshine during individual months, cold and warm periods, and year for the last three decades (1991-2020) relative to the climatological standard norm (1961-1990). Features of the modern climate affect the distribution of the components of the radiation regime and their change over the last three decades. This determines the expediency of determining the dynamics of the components of the radiation regime and their spatial distribution. The following components of the radiation regime experienced the greatest changes: duration of sunshine, direct and diffuse solar radiation. An increase in the duration of sunshine and direct solar radiation in the warm period of the year in a larger area of the country is characteristic. Scattered solar radiation decreased in almost all months of the cold and warm period almost everywhere in Ukraine. The total radiation increased during the warm period of the year, especially in the north and in the southern Steppe. The albedo of the underlying surface increased slightly, especially during the warm period in the south. The total radiation balance increased over a large area of the country, especially in the northeast and northwest. The determined changes in the formation of the components of the radiation regime are accompanied by changes during the growing season, with a tendency to increasing aridity and significantly affect the conditions for growing agricultural crops in Ukraine, which causes their spread across the territory. Their importance in the energy sector is due to the need to determine the profitability of operating solar energy plants for the production of electricity. The obtained conclusions are important for the use in the construction and operation of buildings of various purposes, as well as in general for climatic management of sectors of economy.

Key words: components of the radiation regime of solar radiation.

Надійшла до редколегії 03.08.2022

Дворецька І.В., Савенець М.В., Надточій Л.М., Баштаннік М.П., Жемера Н.С.
Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України

УДОСКОНАЛЕННЯ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ЯКІСТЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В М. КИЄВІ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ВИМОГ ЄС

Робота присвячена проблемам діючої мережі спостережень за забрудненням атмосферного повітря національної гідрометеорологічної служби України в місті Києві в контексті імплементації Директив Європейського Парламенту та Ради з охорони якості атмосферного повітря. Питання удосконалення діючої системи спостережень не тільки в місті Києві, але й на всій території України, підлягає негайного вирішення в зв'язку з невідповідністю сучасним вимогам. В роботі проаналізовано діючу мережу спостережень в м. Києві та її відповідність вимогам Директив ЄС та зроблено спробу визначення основних кроків для її удосконалення та оптимізації системи вимірювань забруднення атмосферного повітря.

Ключові слова: мережа спостережень; забруднення атмосфери; директиви ЄС; пункт спостережень; викиди.

Актуальність теми дослідження. Проблема якості атмосферного повітря стала однією з найвідоміших екологічних проблем як для країн Європи [1,2], так і для колишнього СРСР починаючи з ранніх 1980-х років [3,4]. В основу її вирішення було покладено не тільки всебічний аналіз особливостей забруднення атмосферного повітря, а й унітарні підходи до його вимірювання, оцінки, узагальнення, а також започаткування обміну інформацією тощо. В той період почали з'являтися перші Директиви [5-7], які лягли в основу законодавства ЄС у сфері охорони якості атмосферного повітря [8,9]. В СРСР також було розроблено відповідний документ під назвою «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» РД 52.04.189-91 (РД) [10]. Як Директиви ЄС, так і РД регламентують правила проведення спостережень, вимоги до розташування пунктів тощо.

Вихідні передумови. Ще донедавна оцінка якості атмосферного повітря на території України проводилось відповідно до РД та інших нормативно-правових актів, які було розроблено багато років тому, наприклад [11-14]. Підписавши Угоду про асоціацію Україна – ЄС [15] наша держава взяла на себе зобов'язання наблизити своє законодавство у сфері охорони якості атмосферного повітря до нормативних документів ЄС шляхом імплементації положень Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС. В зв'язку з цим останніми роками відбулась розробка нових нормативно-правових актів, таких як Постанова № 827 Кабінету Міністрів України «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» від 14.08.2019 р. [16], Наказ №154 МВС України «Про затвердження порядку здійснення моніторингу за вмістом миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі» від 28.02.2018 р. [17], Наказ № 300 МВС України «Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях» від 21.04.2021 р. [18], Наказ № 72 МВС України «Про затвердження Порядку інформування населення щодо концентрацій омиш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі» від 01.02.2021 р. [19]. Проте, це тільки початковий етап, адже положення Директив ЄС передбачають зміни всієї системи проведення спостережень, в тому числі і аналіз репрезентативності пунктів спостережень з врахуванням сучасних умов. Детальніше про нормативні документи ЄС, міжнародний досвід та початкові рекомендації представлено у [20].

У зв'язку з істотним інтересом до проблем забруднення атмосферного повітря на території України не тільки наукової спільноти, але й суспільства в цілому, що пов'язано з сучасними дослідженнями щодо впливу забруднення повітря на здоров'я населення, на даний момент бурхливого розвитку набув моніторинг якості повітря муніципалітетами, науковими установами, громадськими організаціями тощо. Це, в першу чергу, привернуло увагу до репрезентативності розміщення діючих пунктів спостережень державної мережі та рекомендацій щодо її вдосконалення, а також щодо розміщення інших джерел даних (в тому числі і low-cost датчиків). У багатьох сучасних роботах містяться різноманітні підходи до створення систем моніторингу в містах і областях України, наприклад в Кам'янському

та Жовтих Водах [21], в Донецькій області [22], тощо.. Багато робіт присвячено недосконалості діючої системи спостережень та можливості її оптимізації [23, 24]. Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем розроблено системи моніторингу довкілля для Київської, Харківської, Луганської та Донецької областей, м. Нікополь Дніпропетровської області [25].

Метою дослідження є визначення чітких рекомендацій щодо удосконалення діючої мережі спостережень в місті Києві враховуючи зміну кількості пунктів відбору проб та їх розташування з виділенням додаткових пунктів для проведення спостережень відповідно до вимог Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС. Необхідно відзначити, що в даній роботі мова ведеться саме про державну систему спостережень, хоча на території України загалом, як і в м. Києві зокрема, діють недержавні системи спостережень (такі як IQAir, КНУ імені Тараса Шевченка, Kyiv Smart City, SaveDnipro, ЛУН Місто тощо), а також муніципальні пункти (в м. Києві було відкрито 2 пункти спостережень КМДА). Це пов'язано з тим, що саме держава відповідає за якість повітря та її поліпшення, заходи та плани щодо управління якістю атмосферного повітря, міжнародний обмін інформацією. Тому саме державна мережа спостережень має бути удосконалена відповідно до положень Угоди про Асоціацію Україна-ЄС.

Вихідні дані та методика досліджень. При проведенні досліджень використано результати спостережень за забрудненням атмосферного повітря на 16 пунктах спостережень державної мережі, що зберігаються в архівах Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (ЦГО), за період 2000 – 2019 рр. Також використано дані про обсяги викидів, що містяться на сайті Головного управління статистики в м. Києві [26], дані аерологічних спостережень Університету Вайомінг [27], а також дані супутникових знімків Landsat, що представлені у Google Earth [28]. Як методи досліджень використано статистичні та об'єктивні методи, що включають використання інформації про розміщення підприємств-забруднювачів, переважаючий напрямок вітру, аналіз житлової забудови та положення автомагістральних шляхів відповідно до пунктів спостережень, а також аналіз типів підстильної поверхні. Відповідно до отриманих результатів зроблено висновки щодо репрезентативності розміщення пунктів спостережень та розроблено рекомендації щодо удосконалення системи спостережень в м. Києві.

Виклад основного матеріалу. Проаналізувавши директиви Європейського Союзу 2004/107/ЄС [8] та 2008/50/ЄС [9], можна зробити висновки, що діюча мережа спостережень державної гідрометеорологічної служби ДСНС України, яка до сьогодні керується РД [10], не повністю відповідає європейським стандартам. Це пов'язано в першу чергу з тим, що в зв'язку з відсутністю нових пунктів спостережень вона не охоплює нові житлові забудови та підприємства, а також істотне збільшення автошляхів та автотранспорту. Крім того, мережа не містить автоматизованих станцій, що призводить до значної часової дискретності вимірювань (лише 4 строки на добу). При цьому, в зв'язку з особливостями проведення спостережень діючою мережею (в першу чергу, часом забору проби), для більшості забруднюючих речовин неможливо провести класифікацію за порогоми оцінювання і визначити відповідні перевищення. Також, тверді частки вимірюються в загальній масі пилу без розподілу за розміром, що унеможливорює визначення окремо твердих часток з розмірами 10 мкм (PM_{10}) та 2.5 мкм ($PM_{2.5}$), спостереження за приземним озоном (O_3 пр.) не ведуться взагалі. Проте, правила розташування пунктів спостережень є близькими до вимог ЄС. Перевагою вимог встановлених директивами 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС, на відміну від РД є те, що кількість пунктів, в залежності від чисельності населення у містах може бути зменшена. Це може бути досягнуто двома шляхами:

1. За рахунок загального зменшення кількості пунктів відповідно до стандартів ЄС, адже згідно Директив в містах достатнім є 1 – 2 пункти спостереження в розрахунку на 250 тисяч мешканців. Згідно РД необхідно розташовувати 1 пункт спостереження на 50 тисяч мешканців.
2. За рахунок застосування додаткових методів оцінки якості атмосферного повітря (таких як, моделювання, об'єктивна оцінка, індикативні вимірювання тощо). Так, для зон та агломерацій, в яких інформація пунктів відбору проб для фіксованих

вимірювань доповнена інформацією від моделювання та інших методів оцінки, загальна кількість пунктів відбору проб може бути зменшена до 50%, за умови, що інші методи є достатніми для оцінки рівнів забруднення в просторі і часі.

Загалом, вимоги Директив значно спрощують моніторинг атмосферного повітря на території України у порівнянні із діючим РД.

Систематичні спостереження за вмістом шкідливих речовин в атмосферному повітрі міста Києва здійснюються ЦГО на 16 стаціонарних пунктах спостережень, які розміщені у 9 районах міста, з періодичністю відбору проб 6 днів на тиждень, 3 – 4 рази на добу [29]. Мережа пунктів охоплює старі промислові зони, автошляхи та житлові райони, що пояснюється часом її формування. На даний момент територія м. Києва доповнилась новими промисловими об'єктами, великими житловими масивами, а інтенсивність руху на автошляхах істотно змінилась.

Аналіз території розташування діючих пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в умовах сучасної забудови показав, що більшість пунктів можна класифікувати як «автотранспортні»/«промислові» та ті, що розташовані в межах житлових масивів.

За індексом забруднення атмосфери (ІЗА), який враховує ступінь забруднення атмосферного повітря за п'ятьма пріоритетними забруднюючими, місто Київ входить до числа міст з високим рівнем забруднення [30]. У 2019 р за середньорічними концентраціями забруднювальних речовин на 10-ти пунктах міста рівень забруднення оцінювався, як високий [31]. Найбільш забрудненими були Бессарабська та Деміївська площі (пункти №7 та №20). Найменш забрудненим (низький рівень) – проспект Науки (пункт № 5).

Обсяги викидів від пересувних джерел істотно перевищують обсяги викидів від стаціонарних (рис. 1), і, наприклад, у 2015 р. становили 84,3% від загальних [26].



Рис.1. Обсяги викидів забруднюючих речовин у м. Києві за 2000 – 2019 рр*.

* з 2016 року розрахунки щодо обсягів викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел не проводились

За структурою викидів пересувні джерела найбільше викидають оксид вуглецю (CO) та неметанові легкі органічні сполуки (NMVOCs), стаціонарні – сполуки сірки (SO_x) і азоту (NO_x) [26].

За період 2015 – 2019 рр. найбільші обсяги викидів від промислових джерел в м. Київ спостерігались в 2017 р., після чого для останніх двох років досліджуваного періоду характерне істотне падіння обсягів викидів (на 49% в 2019 р. у порівнянні з 2017 р.). В структурі викидів найбільшу частку мають NO_x та SO_x, а також суспендовані тверді частки. За останні 3 роки (2017 – 2019 рр.) найбільші обсяги викидів спостерігались у Печерському та Голосіївському районах, проте в 2019 р. найбільші обсяги викидів (45% від загальних обсягів) зафіксовано в Дніпровському районі столиці (рис. 2).

Необхідно відзначити, що аналіз забруднення Печерського району м. Києва потребує подальших досліджень, адже динаміка викидів за останні 10 років викликає великий інтерес в зв'язку з істотним збільшенням обсягів викидів в 2017 – 2018 рр., що повністю узгоджується з динамікою концентрацій на пункті № 8 (бульвар Л. Українки).

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)

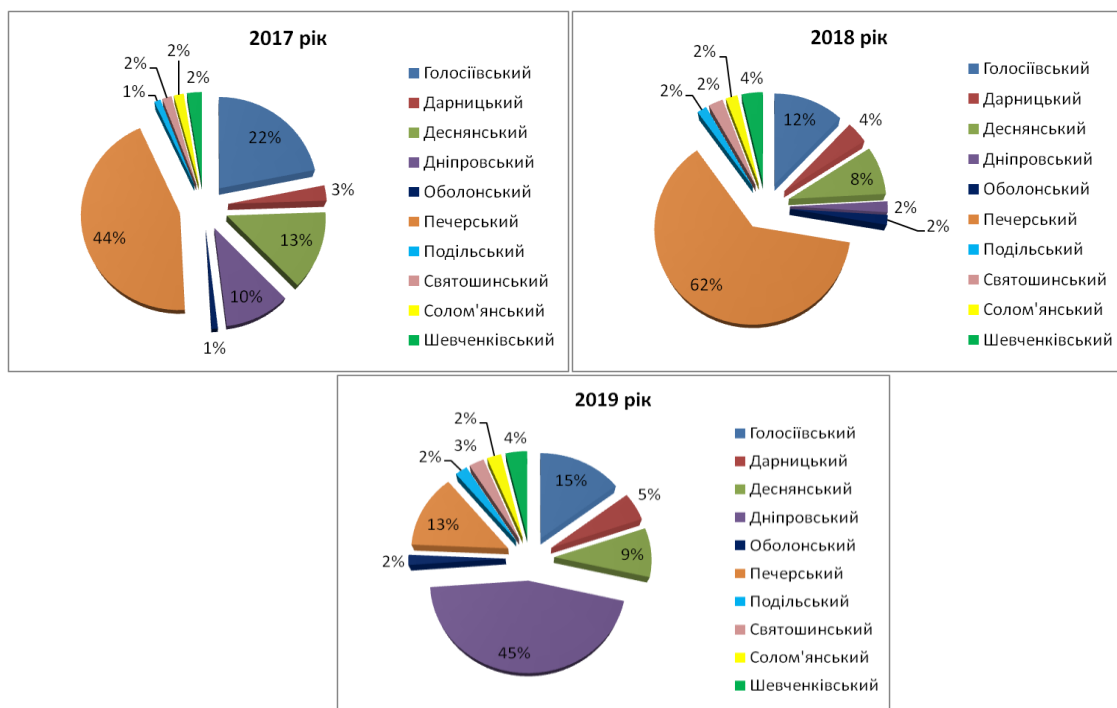


Рис. 2. Викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел емісії за районами м. Київ

Згідно Директив ЄС мінімальна кількість пунктів відбору проб для фіксованих вимірювань концентрацій для визначення рівнів діоксиду сірки (SO_2), діоксиду азоту (NO_2) та оксидів азоту (NO_x), твердих часток (PM_{10} і $\text{PM}_{2.5}$), свинцю (Pb), бензолу (C_6H_6) і оксиду вуглецю (CO) від дифузних джерел для м. Києва становить 7 за винятком PM та 10 при вимірюванні PM при перевищенні верхнього порогу оцінювання. За відсутності перевищення верхнього порогу оцінювання, кількість пунктів спостережень становить 3 та 4 відповідно. Для важких металів за наявності перевищення верхнього порогу оцінювання кількість пунктів у м. Києві має становити 2 без вимірювань бенз(а)пірену ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) та 3 з його вимірюванням. За відсутності перевищень необхідна наявність лише одного пункту спостережень. За відсутності перевищення нижнього порогу оцінювання фіксовані вимірювання можна не проводити, якщо інші методи оцінювання надають достатньо інформації для оцінки рівнів забруднення.

З усього наведеного вище зрозуміло, що для точного визначення кількості пунктів спостережень необхідним є проведення всебічних натурних вимірювань.

З метою отримання усієї необхідної інформації щодо рівнів забруднення атмосферного повітря м. Київ, необхідним є розуміння наскільки відрізняється вміст забруднюючих речовин у повітрі, що надходить зовні від того, що сформувалося в результаті викидів безпосередньо у м. Київ. Тому, для правильного розташування пунктів спостережень, обов'язковим є врахування багаторічної повторюваності напрямку вітру, що дозволить виокремити ті ділянки, які найчастіше зазнають адвекції повітряних мас без впливу викидів міста.

Аналіз повторюваності вітру проведено як за даними наземних спостережень, так і за даними радіозондування атмосфери, щоб врахувати рух повітряних мас на висотах. Необхідність врахування висотного розподілу вітру виникає через вплив підстильної поверхні, так як сила тертя повітря та перешкоди підстильної поверхні (форми рельєфу, будівлі, лісові масиви тощо) змінюють напрямок руху повітряних мас у граничному шарі атмосфери. Для того, щоб проаналізувати повторюваність напрямку вітру вище граничного шару атмосфери (зазвичай це висоти до 1.5 км (рівень стандартної ізобаричної поверхні 850 гПа), обрано ізобаричну поверхню 700 гПа, що розташована близько 3 км над підстильною поверхнею. Вже на цій висоті вплив підстильної поверхні відсутній, і напрямок вітру відображає реальний напрямок адвекції повітряних мас. Вітер у приземному шарі при цьому, буде слугувати додатковим орієнтиром щодо найчастішої

повторюваності напрямку вітру, зміненого під впливом поверхні (як в результаті повороту вітру, що описується спіраллю Екмана, так і в результаті впливу рельєфу та інших перешкод в районі м. Київ).

Найбільша повторюваність напрямку вітру на висотах належить західному напрямку, досягаючи 16% (рис.3а), що є типовим для циркуляції помірних широт. Більше 10% повторюваності вітру характерне для північно-західного та західного-північно-західного румбів. Тому, існує необхідність встановлення пунктів спостережень на заході м. Київ таким чином, щоб на захід та північний захід від них були відсутні джерела потужних викидів забруднюючих речовин. Саме такі пункти найчастіше зможуть уловлювати реальний стан забруднення повітряних мас, що надходять зовні до м. Київ. Різниця у концентраціях забруднюючих речовин таких пунктів та тих, що знаходяться в межах м. Київ дозволить визначити рівень міського забруднення та суттєво покращити якість інвентаризації викидів та порівняння модельних результатів у майбутньому.

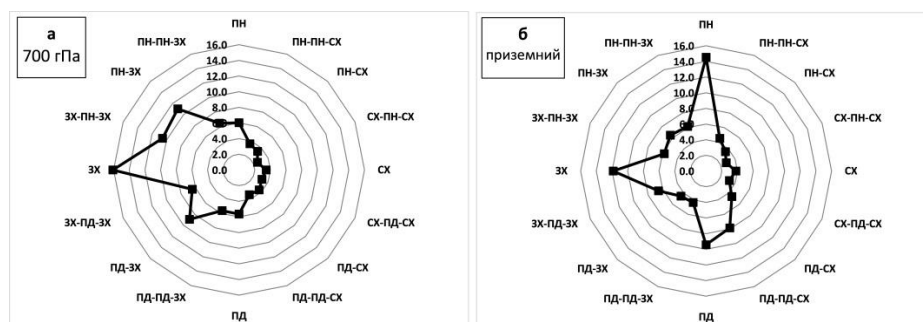


Рис. 3. Багаторічна повторюваність (%) напрямку вітру на ізобаричному рівні 700 гПа (а) та у приземному шарі (б)

За даними наземних спостережень, висока повторюваність характерна для північного напрямку вітру, що досягає 15% (рис. 3б). Загалом, роза вітрів для приземного шару досить сильно відрізняється від висотного розподілу вітру, що відображає значний вплив підстильної поверхні в районі м. Київ. Враховуючи подібну трансформацію поля вітру у граничному шарі атмосфери, необхідним є встановлення пунктів спостережень також і поблизу північної межі м. Київ.

Встановленню пунктів спостережень передуює детальний аналіз типів підстильної поверхні та землекористування, щоб отримані дані концентрацій забруднюючих речовин були репрезентативні та не характеризувалися значним впливом мікрокліматичних особливостей місцевості. Неправильно обраний пункт відбору проб може мати абсолютне нехарактерне поле забруднення, адже такі об'єкти як парки, лісові масиви, річки, озера, житлова забудова суттєво видозмінюють розподіл мікрокліматичних характеристик та концентрацій забруднюючих речовин [32-39].

Використовуючи дані супутникових знімків Landsat, визначено основні типи підстильної поверхні м. Київ та околиць (рис. 4-5), а також проведено додатковий аналіз сучасних промислових зон та житлової забудови (рис. 4).

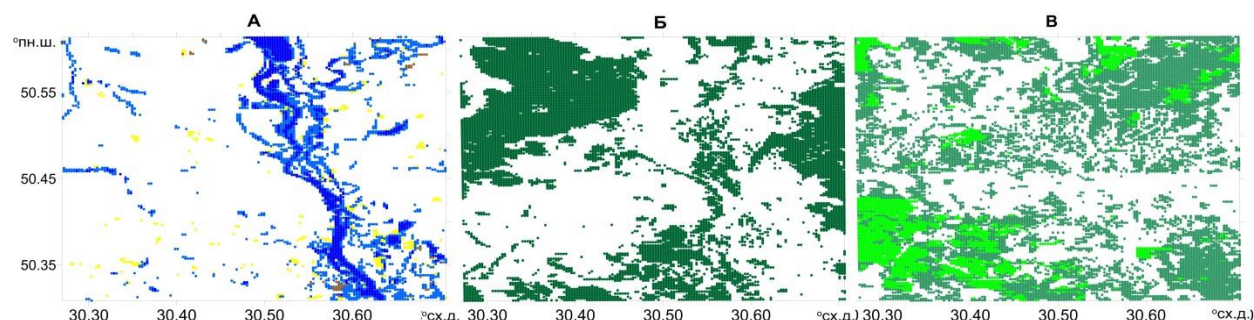


Рис. 4. Типи підстильної поверхні та землекористування м. Києва: А – водні об'єкти болота та піщані території; Б – ліси, сквери; В – сільськогосподарські та не заліснені території

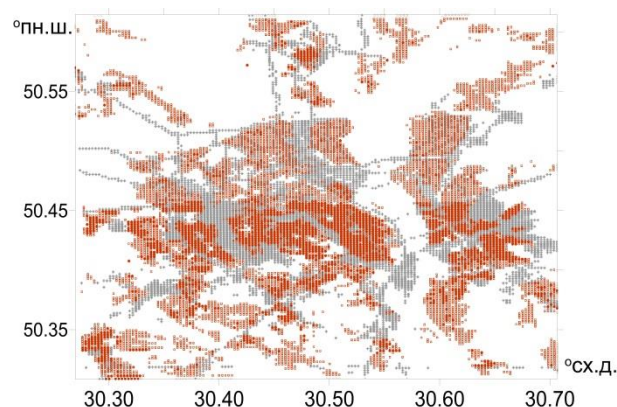


Рис. 5. Картосхема промислових зон, мостів, шляхопроводів (сірий колір) та житлової забудови (коричневий колір)

Пункти відбору проб для фіксованих вимірювань згідно Директив розташовуються:

- на території центральної (основної) частини міста;
- у приміських територіях – пункти спостережень розміщуються на околиці міста за межами центральної (основної) частини;
- сільських зонах – пункти розташовуються у маленьких поселеннях з природними екосистемами на відкритій місцевості на відстані не менш ніж 5 км від агломерацій або промислових ділянок.

При чому на території агломерації, згідно положень Директиви 2008/50/ЄС, 50% пунктів спостережень для вимірювання O_3 пр. повинні бути розташовані у приміських районах. Для NO_2 , PM , C_6H_6 і CO обов'язково повинен бути принаймні один міський фоновий пункт в межах великих міст (фоновий рівень міста), або поза ним та один транспортний пункт, репрезентативний на ділянці вулиці довжиною не менше ніж 100м.

Керуючись зонним підходом та враховуючи вище наведені принципи і вимоги до формування мережі відбору проб на території м. Києва пропонується наступна мережа пунктів спостережень (рис. 6), що складається з 15 пунктів спостережень. Це більше ніж пропонується Директивами ЄС і пов'язано з тим, що усі дослідження проведено на основі теоретичних оцінок і не враховують натурних вимірювань. Основною ідеєю, покладеною в основу даної розробки є необхідність врахування особливостей сучасної території м. Києва: сучасні великі житлові масиви, нові промислові об'єкти, переважаючі напрямки вітрів для врахування забруднення повітря, що надходить до міста і виходить з нього.

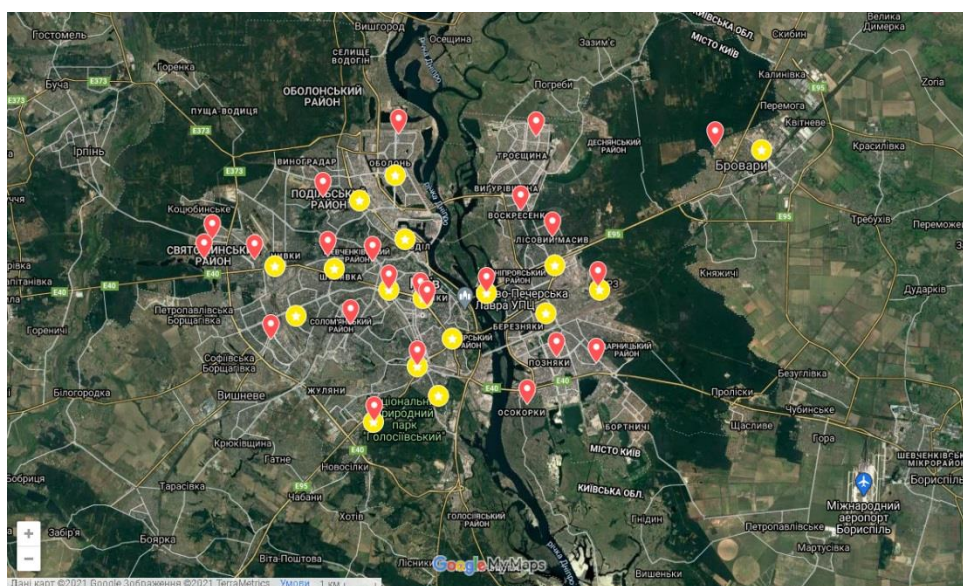


Рис. 6. Діючі (пунсони жовтого кольору) та рекомендовані (пунсони червоного кольору) пункти спостережень

Рекомендованих місць для розташування пункту спостережень в м. Києві достатньо багато, проте в деяких точках вони співпадають з діючими пунктами спостережень. Крім того, на один рекомендований пункт спостережень рекомендується 2–3 локації (напр. пропонується три локації для розміщення одного пункту спостереження на Лісовому масиві, Воскресенці та Троєщині) для проведення натурних досліджень і визначення конкретного місця розташування пункту. Також відмічено рекомендовану для проведення спостережень локацію за межами міста Києва в зв'язку з перенесенням забруднення від ТЕЦ-6 та ТЕЦ-5 в напрямку міста Бровари. Таким чином, рекомендованих пунктів спостережень 15, із них 5 на ділянках діючих, умови розташування яких відмічено як репрезентативні. Проте, Директивами ЄС рекомендується 7 пунктів спостережень для такого міста, як Київ, тому кількість рекомендованих пунктів може бути зменшена. Таким чином, у місті моніторинг забруднення атмосферного повітря пропонується проводити в межах адміністративних районів на 15 стаціонарних пунктах.

В центральній частині міста на Правобережжі, де відмічається найбільш забруднене повітря, і на його околицях (приміських територіях) стаціонарні вимірювання слід проводити:

- на території Печерського району в центрі міста, що відноситься до зони “кліматичних максимумів” приземних концентрацій (Бессарабська площа, бульвар Л. Українки), **пункт №1**. Діючі пункти №7 і №8, не забезпечують репрезентативність даних, зокрема пункт №7 знаходиться на тротуарі і часто фіксує максимальні концентрації у періоди заторів на прилеглий вулиці;
- на території Шевченківського району в центральній щільно заселеній частині (Лук'янівка, район м. Шулявка), південній (площа Перемоги), **пункт №2**; діючі пункти №2, №6 репрезентативні щодо автотранспорту;
- на території Подільського району в житловому кварталі південно-східної частині, або в центральній частині (Куренівка), **пункт №3**. Діючі пункти №10 №21;
- на території Голосіївського району в центральній пониженій частині в межах селітебної зони, що знаходиться під впливом промислових і автотранспортних викидів ЗР та в зоні відпочинку Національного комплексу «Експоцентр України» на ділянках діючих пунктів № 13, 20, **пункт №5, №6**). Діючий пост №5 на південно-східній околиці (Багринова Гора), відноситься до категорії не визначених пунктів і характеризує зону незначного забруднення;
- на території Дніпровського району лівобережної частини міста на території діючих пунктів, в зоні відпочинку Гідропарку, **пункт № 14** та в південній частині району (на території Старої Дарниці), **пункт № 15**. Діючі пункти №3, №4, №15. Пункт №3, що знаходиться на території інституту санепідемстанції не репрезентативний щодо місця його розташування (знаходиться в захищеному місці та в аеродинамічній тіні висотної будівлі).

Організувати спостереження за якістю атмосферного повітря на території районів, де моніторинг відсутній, які зазнають значного навантаження в основному від викидів пересувних джерел, а в районах Лівобережжя – від потужних промислових підприємств:

- на території Солом'янського району в центральній на території житлових масивів Першотравневий, Чоколівський, Солом'янка, **пункт №4**. Діючий пункт №1 знаходиться на межі Святошинського і Солом'янського районів;
- на території Святошинського району в центральній частині, що знаходиться під впливом значних викидів автотранспорту і багатьох промислових підприємств, **пункт №7** та в межах західної приміської зони (на території житлових масивів Борщагівки, Новобіличі, Біличі, **пункт № 8**. Діючий пункт №11 автотранспортний і характеризує рівень забруднення території, що максимально наближена до автомагістралі (проспект Перемоги);
- на території Оболонського району, яка відноситься до приміської зони, на північній окраїні житлового масиву Оболонь, **пункт № 9**, який одночасно буде визначати фоновий рівень забруднення, як навітряний по відношенню до переважаючого З-Пн переносу, з метою визначення динаміки загальноміського забруднення атмосферного повітря. За багаторічними даними і за останній період 2000-2015рр. ймовірність таких

напряжків вітру у місті найбільша і становить близько 50% за рік. Діючий пункт №17 втратив репрезентативність щодо його розташування у зв'язку з інтенсивною забудовою району;

- на території Деснянського району на Лівобережжі Дніпра у північно-східній приміській зоні в межах житлового масиву Троєщина, що знаходиться в зоні впливу потужної ТЕЦ-6, в південній частині району в межах житлового Лісового масиву, Воскресенки, що знаходяться в зоні впливу ТЕЦ-6 і підприємства енергетики ДАРтеплоцентральної, **пункт №10** та з врахування переважаючого З-ПнЗ напрямку вітру у сільській околиці на сході району на відстані не ближче 5 км від ТЕЦ-6, **пункт №11**;
- у Дарницькому районі – на території масивів Позняки, Харківський, Осокорки, які знаходяться під впливом потужного сміттєспалювального підприємств Енергія, ТЕЦ-5 та викидів автотранспорту, **пункт №12** та у південно-східній околиці Харківського масиву фоновий пункт при Пд, повторюваність якого в окремі місяці досягає 20-25%, і забрудненому при З-Пн переносу під впливом загальноміського факелу, **пункт №13**.

Необхідно відзначити, що при застосуванні інших (крім фіксованих) методів оцінювання, основним з яких має стати моделювання, кількість пунктів спостережень може бути зменшена.

Такий перелік рекомендованих пунктів спостережень є попереднім і заснованим лише на теоретичних даних. Для отримання остаточного переліку рекомендованих пунктів спостережень необхідним є проведення всебічного аналізу просторового розподілу забруднюючих речовин з використанням натурних вимірювань під методичним керівництвом ЦГО. Тільки після їх проведення є можливим уточнення даного переліку і прийняття остаточного рішення про розміщення приладів для вимірювання.

Висновки. В результаті досліджень визначено, що мережа спостережень за забрудненням атмосферного повітря в м. Київ не повністю відповідає вимогам нормативних документів ЄС, що пов'язано з більшою загальною кількістю пунктів спостережень та відсутністю репрезентативності розташування багатьох з них. Ці недоліки більшою мірою є результатом застарілості державної системи спостережень, що не враховує сучасних технологій та особливостей розвитку міста. Для визначення місць, які можуть бути рекомендовані для розташування пунктів спостережень проведено повний аналіз території м. Києва з врахуванням діючих пунктів спостережень, типів підстильної поверхні, метеорологічних та кліматичних умов, обсягів викидів, наявності або відсутності нової житлової забудови, промислових зон тощо. Визначено перелік з 15 локацій, що можуть бути рекомендовані для проведення спостережень.

Подяки. Дослідження частково виконано в межах виконання проекту: № держ.реєстрації 0118U001804 «Інформаційні технології супутникового моніторингу в задачах ERA-PLANET» за цільовою програмою НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проекту Горизонт-2020 ERA-PLANET» (ERA-PLANET/UA) [40].

Список літератури

1. Monks, P. S., Ravishankara, A. R., von Schneidmesser, E., Sommariva, R. Papers that shaped tropospheric chemistry, *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2021. Vol. 21. P. 12909–12948, <https://doi.org/10.5194/acp-21-12909-2021>.
2. Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*. 2015. Vol. 525. P. 367–371, <https://doi.org/10.1038/nature15371>.
3. Елекоева Л.И. Прогноз загрязнения атмосферы с использованием преобразованных предикторов. *Труды ГГО*. 1987. Вып.511. С. 124–130.
4. Маренко А. Н., Семенова А. П., Козленко Т. В. О характеристике условий рассеяния примесей по данным о турбулентном обмене на территории Украины. *Труды УкрНИГМИ*. 1991. Вып. 241. С. 24–33.
5. Convention on long-range transboundary air pollution — Resolution on long-range transboundary air pollution. 1981. OJ L 171. P. 13-24
6. Council Directive 80/779/EEC of 15 July 1980 on air quality limit values and guide values for sulphur dioxide and suspended particulates. 1980. OJ L 229. P. 30–48.

7. Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. 1996. OJ L 296. P. 55–63.
8. ДИРЕКТИВА 2004/107/ЄС ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ ТА РАДИ від 15 грудня 2004 року щодо миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів у навколишньому повітрі. Офіційний переклад. Офіційний вісник Європейського Союзу. 2005.16 с.
9. ДИРЕКТИВА 2008/50/ЄС ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ ТА РАДИ від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи. Офіційний переклад. Офіційний вісник Європейського Союзу. 2008. 44 с.
10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.189-91. М. 1991. 605с.
11. Закон України від 18 лютого 1999 № 443-XIV. Про гідрометеорологічну діяльність. Дата оновлення: 16.10.2020. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-14> (Дата звернення: 22.11.2020)
12. Постанова Кабінету Міністрів України від 16.05.2001 №528 «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998р. № 391» URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/528-2001-%D0%BF> (Дата звернення: 22.11.2021)
13. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля». Дата оновлення: 08.09.2021. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF> (Дата звернення: 20.10.2021)
14. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.03.1999р. № 343 «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» Дата оновлення: 05.09.2019. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-%D0%BF> (Дата звернення: 22.11.2021)
15. УГОДА ПРО АСОЦІАЦІЮ між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Документ 984_011, поточна редакція від 30.11.2015 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (Дата звернення: 12.01.2022).
16. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. №827. «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (Дата звернення: 07.05.2022)
17. Наказ МВС України від 28.02.2018 р. № 154 Про затвердження порядку здійснення моніторингу за вмістом миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-18#Text> (Дата звернення: 07.05.2022)
18. Наказ МВС України від 21.04.2021 р. № 300 «Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-21#Text> (Дата звернення: 07.05.2022).
19. Наказ МВС України від 01.02.2021 р. № 72 «Про затвердження Порядку інформування населення щодо концентрацій миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0381-21> (Дата звернення: 07.05.2022).
20. Баштаннік М.П., Дворецька І.В., Онос Л.М., Савенець М.В. Основні засади виділення зон якості атмосферного повітря на території України та їх класифікація згідно з вимогами Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 123–137
21. Копач П.І., Данько Т.Т. Обґрунтування вибору місць розташування постів міської системи спостереження за станом навколишнього середовища. *Екологія і природокористування*. 2013. Вип. 16. С.235-244
22. Натрус С.П., Стригін М.В. Забруднення атмосферного повітря та розвиток системи моніторингу у Донецькій області. *Матеріали науково-практичної конференції III екологічного форуму «Екологія промислового регіону»*. Слов'янськ: ФОП Бутко В.І. 2018. С.5-8
23. Федонюк М.А. До питання удосконалення системи державного екологічного моніторингу стану атмосферного повітря [Електронний ресурс]//Державне управління: удосконалення та розвиток: електронне наукове фахове видання. 2013. № 2. Режим доступу: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=541>
24. Бахарев В.С. Недосконалість існуючої системи екологічного моніторингу атмосферного повітря на рівні урбосистеми: причини, наслідки, шляхи вдосконалення. *Вісник КрНУ ім.Михайла Остроградського*. Вип. 5/2016 (100). С.76-81
25. Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем». Офіційний сайт. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/>
26. Головне управління статистики у м. Києві. URL: <http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=255&lang=1> (Дата звернення: 07.05.2022)
27. Atmospheric Soundings. University of Wyoming. URL: <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (Дата звернення: 15.06.2022)
28. Google Earth Pro, V 7.3.2.5776, Image Landsat/Copernicus, Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image IBCAO, March 5, 2019. URL: <https://www.google.com/earth/> (Дата звернення: 15.06.2022).
29. Спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м.Києві. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського. URL: <http://cgo->

sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=lsza&f=lsza (Дата звернення: 07.05.2021)

30. Про стан забруднення атмосферного повітря у м. Києві і Київській області. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського. URL: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv (Дата звернення: 07.05.2021).

31. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Атмосферне повітря. Звіти. URL: <https://menr.gov.ua/timeline/?t=569&th=0&m=2&g=569&from=&till=> (Дата звернення: 07.05.2022)

32. Adair, D., Jaeger, M. Evaluation of Model for Air Pollution in the Vicinity of Roadside Solid Barriers. *Energy and Environmental Engineering*. 2014. Vol. 2. No.7. P. 145-152 <http://dx.doi.org/10.13189/eee.2014.020702>

33. Kang, G., Kim, J.-J., Choi, W. Computational Fluid Dynamics Simulation of Tree Effects on Pedestrian Wind Comfort in an Urban Area. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 56, 102086. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102086>

34. Manteghi, G., Lamit, H., Remaz, D. Water Bodies an Urban Microclimate: A Review. *Modern Applied Science*. 2015. Vol. 9, No. 6. P.1-12. <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n6p1>

35. Moradpour, M., Hosseini, V. An investigation into the effects of green space on air quality of an urban area using CFD modeling. *Urban Climate*. 2020. Vol. 34, 100686. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100686>

36. Mostofa, T., Manteghi, G. Influential Factors of Water Body to Enhance the Urban Cooling Islands (UCIs): A Review. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2020. Vol. 11, No. 2. P.1-12. <http://dx.doi.org/10.14456/ITJEMAST.2020.27>

37. Taleghani, M., Clark, A., Swan, W., Mohegh, A. Air pollution in a microclimate; the impact of different green barriers on the dispersion. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 711, 134649. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134649>

38. Viippola, V., Yli-Pelkonen, V., Jarvi, L., Kulmala, M., Setälä, H. Effects of forests on particle number concentrations in near-road environments across three geographic regions. *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 266. Part 2, 115294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115294>

39. Yli-Pelkonen, V., Viippola, V., Kotze, J., Setälä, H. Impacts of urban roadside forest patches on NO₂ concentrations. *Atmospheric Environment*. 2020. Vol. 232, 117584. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117584>

40. Звіт про НДР «Інформаційні технології супутникового моніторингу в задачах ERA-PLANET» цільової програми НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проекту Горизонт-2020 ERA-PLANET» (ERA-PLANET-UA)/ Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України; керівн. Н.Куссульт. Київ.2018. 163 с.

References

1. Monks, P. S., Ravishankara, A. R., von Schneidmesser, E., Sommariva, R. Papers that shaped tropospheric chemistry, *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2021. Vol. 21. P. 12909–12948, <https://doi.org/10.5194/acp-21-12909-2021>.

2. Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*. 2015. Vol. 525. P. 367–371, <https://doi.org/10.1038/nature15371>.

3. Elekoeva L.I. Prognoz zahriaznennia atmosfery s ispolzovaniem preobrazovanyh predictorov. [The forecast of atmospheric air pollution using transformed predictors]. Trudy GGO. 1987. Vol. 511. P. 124–130.

4. Marenko A.N., Semenova A.P., Kozlenko T.V. O haracteristike usloviy rasseivania primesei po dannym o turbulentnom obmene na territorii Ukrainy [The characteristics of conditions for pollutants' dispersion based on the turbulence exchange data over Ukrainian territory]. Trydu UkrNIGMI. 1991. Vol. 241. P. 24–33.

5. Convention on long-range transboundary air pollution — Resolution on long-range transboundary air pollution. 1981. OJ L 171. P. 13-24

6. Council Directive 80/779/EEC of 15 July 1980 on air quality limit values and guide values for sulphur dioxide and suspended particulates. 1980. OJ L 229. P. 30–48.

7. Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. 1996. OJ L 296. P. 55–63.

8. DYREKTYVA 2004/107/Yes YeVROPEISKOHO PARLAMENTU TA RADY vid 15 hrudnia 2004 roku shchodo myshiaku, kadmiu, rtuti, nikeliu ta politsyklichnykh aromatychnykh vuhlevodniv u navkolyshnomu povitri. [Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air] Ofitsiyniy pereklad. Ofitsiyniy visnyk Yevropeiskoho Soiuzu. 2005. 16 s.

9. DYREKTYVA 2008/50/Yes YeVROPEISKOHO PARLAMENTU TA RADY vid 21 travnia 2008 roku pro yakist atmosferneho povitria ta chystishe povitria dlia Yevropy [Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe]. Ofitsiyniy pereklad. Ofitsiyniy visnyk Yevropeiskoho Soiuzu. 2008. 44 s.

10. Rukovodstvo po kontrolju zagrjaznenija atmosfery [Guidelines for the Control of Atmospheric Pollution]. RD 52.04.189-91 M., 1991. 605s.
11. Zakon Ukrainy pro hidrometeorologichnu diialnist [Law of Ukraine On Hydro-Meteorological Activity] vid 18 liutoho 1999 № 443-XIV. Data onovlennia: 16.10.2020. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-14>
12. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 16.05.2001r. №528 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on May 16, 2001 № 528]. Pro vnesennia zmin do postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30 bereznia 1998r. № 391 URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/528-2001-%D0%BF>
13. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30.03.1998r. № 391 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on March 30, 1998 № 391]. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro derzhavnu systemu monitorynhu dovkilia.. Data onovlennia: 08.09.2021. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF>
14. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 09.03.1999r. № 343 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on March 9, 1999 № 343]. Pro zatverdzhennia Poriadku orhanizatsii ta provedennia monitorynhu v haluzi okhorony atmosferneho povitria. Data onovlennia: 05.09.2019. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-%D0%BF>
15. Uгода pro asociaciyu mizh Ukrainoyu, z odnieyi storony, ta Yevropeyskim Soyuzom, Yevropeyskim spivtovarystvom z atomnoyi energii i yihnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoyi storony. [ASSOCIATION AGREEMENT between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part] № 984_011 on 30.11.2015 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text
16. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14 serpnia 2019 r. №827. [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on August 14, 2019 № 827]. Deiaki pytannia zdiisnennia derzhavnoho monitorynhu v haluzi okhorony atmosferneho povitria». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>
17. Nakaz MVS Ukrainy vid 28.02.2018 r. № 154 [Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine] Pro zatverdzhennia poriadku zdiisnennia monitorynhu za vmistom myshiaku, kadmiu, rtuti, nikeliu ta politsyklichnykh aromatychnykh vuhlevodniv v atmosfernomu povitri. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-18#Text>
18. Nakaz MVS Ukrainy vid 21.04.2021 r. № 300 [Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine]. Pro zatverdzhennia Poriadky rozmishchennia punktiv sposterezhen' za zabrudnenniam atmosferneho povitria v zonah ta aglomeraciyah. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-21#Text>
19. Nakaz MVS Ukrainy vid 01.02.2021 r. № 72 300 [Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine]. Pro zatverdzhennia Poriadky informyannia naselennia shchodo koncentraciy myshiaky, kadmiyu, rtuti, nicely ta policyklichnykh aromatychnykh vuhlevodniv v atmosfernomu povitri. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0381-21> (Дата звернення: 07.05.2022).
20. Bashtannik M.P., Dvoretzka I.V., Onos L.M., Savenets M.V. Osnovni zasady vydilennia zon iakosti atmosferneho povitria na terytorii Ukrainy ta ikh klasyfikatsiia zghidno z vymohamy Dyrektyv 2004/107/Yes ta 2008/50/Yes. [Basic principles of air quality zone's establishment in Ukraine according to the Directive 2004/107/EC and 2008/50/EC]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, 2016. Vyp. 269. S. 123–137
21. Kopach P.I., Dan'ko T.T. Obhruntuvannia vyboru mist roztashuvannia postiv miskoi systemy sposterezhennia za stanom navkolyshnoho seredovyscha [Ground location city post surveillance system of the environment]. *Ekolohiia i pryrodokorystuvannia*. 2013. Vyp.16. S.235-244
22. Natrus S.P., Stryhina M.V. Zabrudnennia atmosferneho povitria ta rozvytok systemy monitorynhu u Donetskii oblasti [Atmospheric air pollution and development of the monitoring system in the Donetsk region]. *Materialy naukovy-praktychnoi konferentsii III ekolohichnoho forumu «Ekolohiia promyslovoho rehionu»*. Sloviansk: FOP Butko V.I. 2018. S.5-8
23. Fedoniuk M.A. Do pytannia udoskonalennia systemy derzhavnoho ekolohichnoho monitorynhu stanu atmosferneho povitria [To the question of the improvement of the state environmental monitoring of air condition]. *Elektronnyi resurs//Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok: elektronne naukove fakhove vydannia*. 2013. № 2. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=541>
24. Bakhariev V.S. Nedoskonalist isnuiochoi systemy ekolohichnoho monitorynhu atmosferneho povitria na rivni urbosystemy: prychyny, naslidky, shliakhy vdoskonalennia [He imperfection of the existing system of atmospheric air ecological monitoring at the level of urbosystem: causes, consequences, ways of improving]. *Visnyk KrNU im. Mykhaila Ostrohradskoho*. Vyp. 5/2016 (100). S.76-81
25. Naukovo-doslidna ustanova «Ukrainskyi naukovo-doslidnyi instytut ekolohichnykh problem». [Scientific research institution Ukrainian scientific research institute of ecological problems] Ofitsiinyi sait. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/>
26. Holovne upravlinnia statystyky u m. Kyiv [Main department of statistics in Kyiv]. URL: <http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=255&lang=1>
27. Atmospheric Soundings. University of Wyoming. URL: <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (Дата звернення: 15.06.2022)

28. Google Earth Pro, V 7.3.2.5776, Image Landsat/Copernicus, Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image IBCAO, March 5, 2019. URL: <https://www.google.com/earth/> (Дата звернення: 15.06.2022).
29. Sposterezhhennia za zabrudnenniam atmosfernogo povitria. Tsentralna heofizychna observatoriia im. Borysa Sreznevskoho [Monitoring for atmospheric air pollution. CENTRAL GEOPHYSICAL OBSERVATORY named after Boris Sreznevsky]. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/>
30. Pro stan zabrydnennia atmosfernogo povitria u m. Kyievi ta Kyjevskiy oblasti. Tsentralna heofizychna observatoriia im. Borysa Sreznevskoho. [Towards the state of atmospheric air pollution in Kyiv and Kyiv region. Central Geophysical Observatory named after Boris Sreznevsky] URL: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv.
31. Ministerstvo zakhystu dovkilia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Atmosferne povitria. [Ministry of ecology and natural resources of Ukraine. Air pollution] Zvity. URL: <https://menr.gov.ua/timeline/?t=569&th=0&m=2&g=569&from=&till=>
32. Adair, D., Jaeger, M. Evaluation of Model for Air Pollution in the Vicinity of Roadside Solid Barriers. *Energy and Environmental Engineering*. 2014. Vol. 2. No.7. P. 145-152 <http://dx.doi.org/10.13189/eee.2014.020702>
33. Kang, G., Kim, J.-J., Choi, W. Computational Fluid Dynamics Simulation of Tree Effects on Pedestrian Wind Comfort in an Urban Area. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 56, 102086. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102086>
34. Manteghi, G., Lamit, H., Remaz, D. Water Bodies an Urban Microclimate: A Review. *Modern Applied Science*. 2015. Vol. 9, No. 6. P.1-12. <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n6p1>
35. Moradpour, M., Hosseini, V. An investigation into the effects of green space on air quality of an urban area using CFD modeling. *Urban Climate*. 2020. Vol. 34, 100686. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100686>
36. Mostofa, T., Manteghi, G. Influential Factors of Water Body to Enhance the Urban Cooling Islands (UCIs): A Review. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2020. Vol. 11, No. 2. P.1-12. <http://dx.doi.org/10.14456/ITJEMAST.2020.27>
37. Taleghani, M., Clark, A., Swan, W., Mohegh, A. Air pollution in a microclimate; the impact of different green barriers on the dispersion. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 711, 134649. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134649>
38. Viippola, V., Yli-Pelkonen, V., Jarvi, L., Kulmala, M., Setälä, H. Effects of forests on particle number concentrations in near-road environments across three geographic regions. *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 266. Part 2, 115294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115294>
39. Yli-Pelkonen, V., Viippola, V., Kotze, J., Setälä, H. Impacts of urban roadside forest patches on NO₂ concentrations. *Atmospheric Environment*. 2020. Vol. 232, 117584. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117584>
40. Zvit pro NDR «Informatsiini tekhnolohii suputnykovoho monitorynhu v zadachakh ERA-PLANET» [Information technology of satellite monitoring for ERA-PLANET tasks] tsilovoi prohramy NAN Ukrainy «Aerokosmichni sposterezhhennia dovkilia v interesakh staloho rozvytku ta bezpeky yak natsionalnyi sehment proektu Horyzont-2020 ERA PLANET» (ERA-PLANET-UA)/ Instytut kosmichnykh doslidzhen NAN Ukrainy ta DKA Ukrainy; kerivn. N. Kussul. Kyiv.2018. 163 s.

Improvement of the current system for atmospheric air quality monitoring in Kyiv according to the EU requirements

Dvoretska I.V., Savenets M.V., Nadtochii L.M., Bashtannik M.P., Zhemera N.S.

The paper is dedicated to the problems of the current system for atmospheric air quality monitoring which is operated by the national hydrometeorological service of Ukraine in Kyiv. The problems are discussed in the context of implementing the Directives of the European Parliament and the Council on ambient air quality. The improvement of the current monitoring system needs immediate solutions due to the nonconformity to modern requirements not only in Kyiv, but also on the entire Ukrainian territory. The study makes an attempt to define the main steps of network improvement and the optimization of air pollution measurement network using air pollution data from the archives of the Central Geophysical Observatory, pollutants' emission, land-use/land cover and meteorological data for 2000-2019. We discuss main EU requirements for monitoring sites' location, atmospheric air pollution and emission data. The analysis showed the necessity for preliminary urban field measurements before the establishment of monitoring sites. Depending on the wind regime, the new measurement network must take into account the prevailing synoptic processes for future understanding how air pollution is transported towards and outwards the urban area. Land-use/ land cover data derived from the Landsat allowed distinguishing residential areas, industrial zones, main roads, water bodies and green areas which is crucial for the selection of suitable places for monitoring sites. Using mentioned principles and requirements, we propose 15 monitoring sites for the improved air quality network in Kyiv. This number of sites are greater than EU Directives claimed because conclusions were made on theoretical estimations without field measurements. The presented list of the monitoring sites needs additional analysis of spatio-temporal pollutants' distribution in combination with atmospheric modelling. However, the analysis considers actual residential areas and emission sources in the background of the modern wind regime in Kyiv.

Keywords: monitoring network; air pollution; EU Directives; monitoring site; emissions

Надійшла до редколегії 04.08.2022

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

Кухтенко Я. В., Тимофєєв В.Є.

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

ПОРІВНЯННЯ СУПУТНИКОВИХ ТА НАЗЕМНИХ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТРИВАЛОСТІ СОНЯЧНОГО СЯЙВА НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

У даній статті визначається порівняння супутникових та наземних даних тривалості сонячного саява на прикладі території України за період календарного літа 2011 – 2019 років. Зокрема встановлено, що значення коефіцієнта кореляції супутникових та наземних давних тривалості сонячного саява знаходиться в межах 0.50 - 0.80, що відповідає помірній та значущій кореляції, а отже й достатньо великій залежності між цими видами отримання метеорологічної та актинометричної інформації досліджуваного параметра. Також акцентується увага на можливості поліпшення точності наземних даних з використанням універсальних багатопільових датчиків сонячного випромінювання, наприклад датчиків типу BF5; та підтверджується висока точність супутникових даних.

Визначена середня сумарна похибка тривалості сонячного саява за супутниковими даними та даними наземних метеостанцій. Отримані результати свідчать про те, що наземні метеостанції мають в рази меншу точність вимірювань, на відміну від супутникових даних. Адже середня максимальна сумарна похибка тривалості сонячного саява наземних даних в чотири рази вища, ніж середня максимальна сумарна похибка супутникових даних досліджуваної величини. Це у свою чергу дозволяє використовувати супутникові дані для якісної оцінки тривалості сонячного саява на території України і дозволяє стверджувати, що окрім наземних даних, можна використовувати й супутникові дані тривалості сонячного саява, як досліджуваної величини, а також супутникові дані будь – якої величини загалом.

Крім цього, досліджений вплив погодно – кліматичних аномалій на отримані результати порівняння. У результаті проведеного дослідження відзначено, що переважно місяцям з найкращою кореляцією відповідає більш однорідна аномалія температури повітря та опадів, а місяцям з мінімумом кореляції відзначена значна неоднорідність в просторі аномалій полів цих метеорологічних величин. В територіальному масштабі при проведенні аналізу даних про тривалість сонячного саява необхідна деталізація метеорологічних величин, які залежать від досліджуваного параметра, по регіонах або окремих областях.

Ключові слова. Супутникові дані; наземні дані; тривалість сонячного саява; порівняння тривалості сонячного саява супутникових та наземних даних; кліматичні аномалії.

Вступ (аналіз виконаних досліджень за означеною темою). Тривалість сонячного саява – характеристика радіаційного режиму підстильної поверхні, що зумовлена природними та антропогенними чинниками. Істотні коливання її ходу відбуваються за сучасних умов [2].

На території України тривалість сонячного саява досягає 1800 год. за рік на північному заході та збільшується у південному напрямі до 2300 год. у Криму. В гірських районах Українських Карпат вона знижується до 1500 год. Розподіл тривалості сонячного саява на території України представлений на рис.1 [3].

Тривалість сонячного саява означає час, протягом якого Сонце освітлює підстильну поверхню Землі. Більш формально тривалість сонячного саява визначається як сума періодів часу, в яких пряме сонячне випромінювання осяє підстильну поверхню або перевищує 120 Вт/м². Це важливий показник кількості сонячної радіації, отриманої в регіоні [13], а також важливий вхідний параметр у багатьох додатках, таких як оцінка сумарної сонячної радіації, енергетичного балансу атмосфери [5], теплового навантаження на будівлі, планування врожайності в сільському господарстві, моделей екосистемних процесів, гідрологічних моделей, біофізичних моделей [13] та визначення здоров'я людей і тварин [10]. Отже, точна оцінка тривалості сонячного саява має велике значення, особливо для зміни клімату, еволюції екосистем та соціальної стійкості.

Деякі дослідження показали, що оцінка тривалості сонячного саява в цілому може бути здійснена за допомогою геостационарних супутників, оскільки вони можуть за день записати кілька зображень з одного місця [13].

Поточні супутникові записи даних досягають тривалості понад 30 років, а алгоритми пошуку забезпечують все більш точні результати. Це дає чудову можливість отримати просторове уявлення про відомі параметри і використання супутникових даних для

доповнення даних метеорологічних та гідрологічних станцій. У всьому світі існує кілька сотень станцій спостереження тривалості сонячного сяйва на кліматологічних шкалах часу. Кожна з цих станцій має свою репрезентативність, особливості приладу та зміни в приладах чи характеристиках розташування. Для того, щоб проаналізувати тривалість сонячного сяйва в кліматологічних масштабах часу, необхідно враховувати всі ці особливості. Наприклад, кліматичні дані, що сформовані на основі супутникового запису з тридцятирічною тривалістю для диска Meteosat, зазвичай базуються на близько десяти більш-менш ідентичних інструментах з відомими характеристиками. Це дає можливість проводити дослідження клімату для великих регіонів за допомогою одного набору просторових і часових однорідних даних [9].

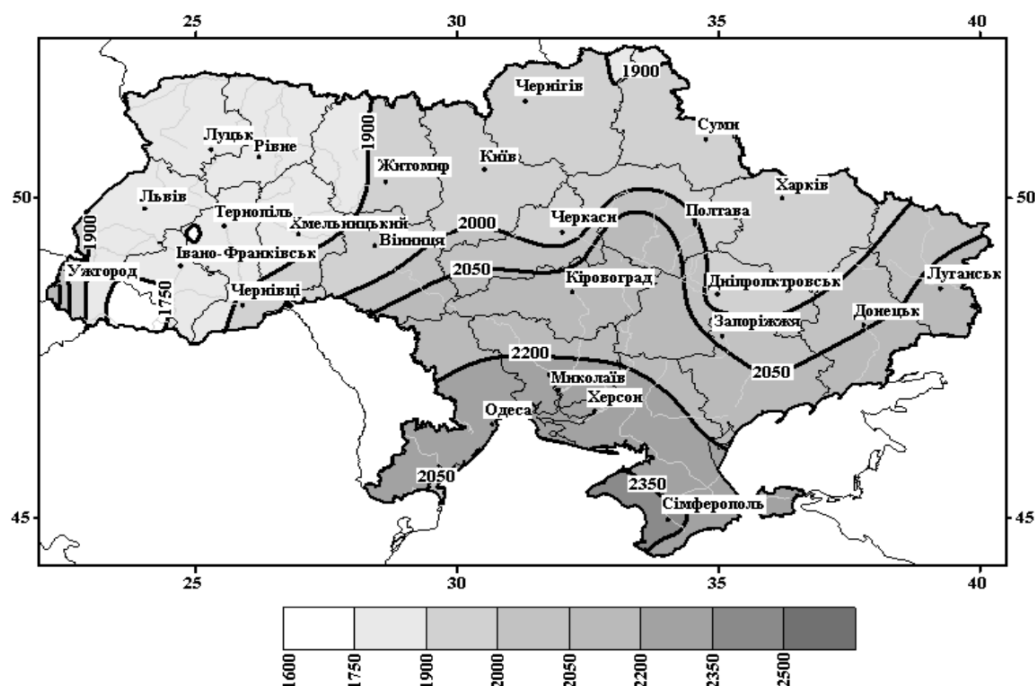


Рис. 1. Річна тривалість сонячного сяйва в Україні (год). 2001–2013 рр. [3]

Геостаціонарні та полярні орбітальні супутники можуть спостерігати і давати зображення областей за допомогою сенсорів, на яких встановлені датчики. Ці зображення різноцільові і можуть бути використані для оцінки сумарної сонячної радіації [8]. Детальне зображення геостаціонарних та полярних орбітальних супутників показано на рис. 2 [4].

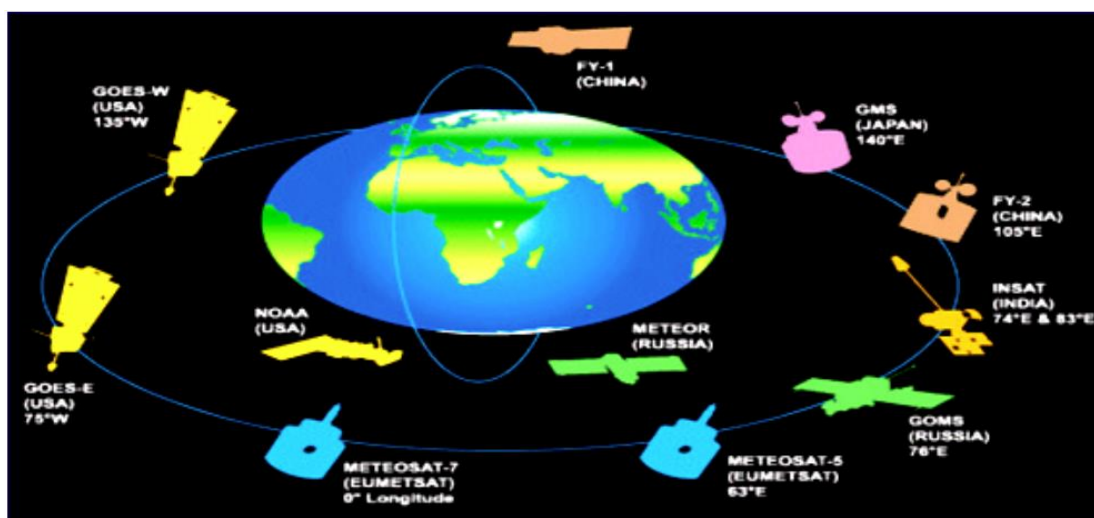


Рис. 2. Мережа космічних спостережень за атмосферою та земною поверхнею [4]

Геостаціонарні супутники мають низьку просторову роздільну здатність через їх велику висоту орбіти, тоді як супутники на полярній орбіті мають високу просторову роздільну здатність, але вони можуть переглядати більшість поверхні Землі лише два рази на день (один при денному світлі і один у темряві) [8].

Погодні умови, які зафіксовані на наземних даних метеостанцій, вважаються золотим стандартом для метеорологічних даних, оскільки вони лише одні, але при цьому мають різні обмеження. При відсутності можливостей для обслуговування, регулярне ведення записів може призвести до значних пропусків даних, що змусить повторити вимірювання або виключити дані про результати, для яких немає збігу. Крім того, метеостанції часто розташовуються в місцях, ключових для їх основного використання в авіації або в моніторингу погоди для великих населених пунктів (тобто міста та аеропорти) і деякі області можуть бути більш географічно репрезентативними, ніж інші [6].

Іноді у даних метеорологічних та гідрологічних станцій погіршується точність отриманих результатів та вимірів. Тому у цьому випадку варто користуватися супутниковими даними.

Крім цього, якщо для проведення дослідження брати дані у точках вузлів із певним кроком сітки на карті деякого масштабу (адже метеостанції розташовуються на великій відстані одна від одної, що в свою чергу погіршує точність отриманих даних, а натомість супутникові дані дозволяють отримати інформацію із будь – якої місцевості різного кроку сітки, навіть найменшого, що формує вищу точність даних), то не обов'язково точка вузла співпадатиме з точкою позначення метеостанції. А якщо покладатися на дані метеостанції, то сформується досить мала вибірка даних. У цьому випадку ліпше застосовувати супутникові дані. Звідси виникає необхідність у порівнянні супутникових і наземних даних спостережень, що й досліджується у цій роботі.

Тому, **метою даної статті** є порівняння супутникових та наземних даних спостережень тривалості сонячного сяйва на території України, визначення впливу погодно – кліматичних аномалій на отримані результати даного порівняння і виявлення більш точного способу отримання даних тривалості сонячного сяйва.

Матеріали та методи дослідження. В даному дослідженні використовуються матеріали супутникових даних з Європейського центру середньострокових прогнозів European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) в місті Болонья, Італія.

Центри отримання та обробки реаналізних даних, на прикладі Європейського центру середньострокових прогнозів (ECMWF), регулярно обробляють дані з близько 90 супутникових приладів у рамках своєї оперативної щоденної діяльності із засвоєння та моніторингу даних. Отримується 800 мільйонів щоденних спостережень і 60 мільйонів спостережень з контрольованою якістю, що доступні 24 години на добу для використання в Інтегрованій системі прогнозування (IFS). Переважна більшість із них є супутниковими вимірюваннями.

Різноманітність і якість супутникових спостережень швидко змінюються, хоча деякі з них зараз дуже добре вдосконалені. Супутникові прилади дуже складні, часто проводять багато тисяч окремих спостережень одночасно в одному місці і вимагають складних методів для інтерпретації інформації, яку вони містять [7].

Для порівняння супутникових та наземних даних тривалості сонячного сяйва на території України обираються вузли в прямокутнику між 45° та 52° пн.ш. та між 22° та 40° сх.д. з кроком 2° по довготі та 1° по широті. Всього - 57 вузлів, так я. дані з меншим кроком практично не змінюються. Вузли на мапі України розміщені рівномірно, як показано на рис. 3.

Наземні дані метеостанцій використовуються з Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського за сучасний період від 2011 до 2019 року. Координати метеостанцій та найближчий до них вузол наведені в таблиці 1. Метеостанції на мапі України показані на рис. 4.

Метеостанції розміщені нерівномірно із скупченням на крайньому Півдні, Центрі та Півночі. Також практично відсутні дані метеостанцій на північному заході України на території Полісся, на південному заході та сході країни, тобто в районах з різною підстильною поверхнею. Адже Полісся - це переважно ліси, Південь – поля та степ, а Запорізька область – піски.

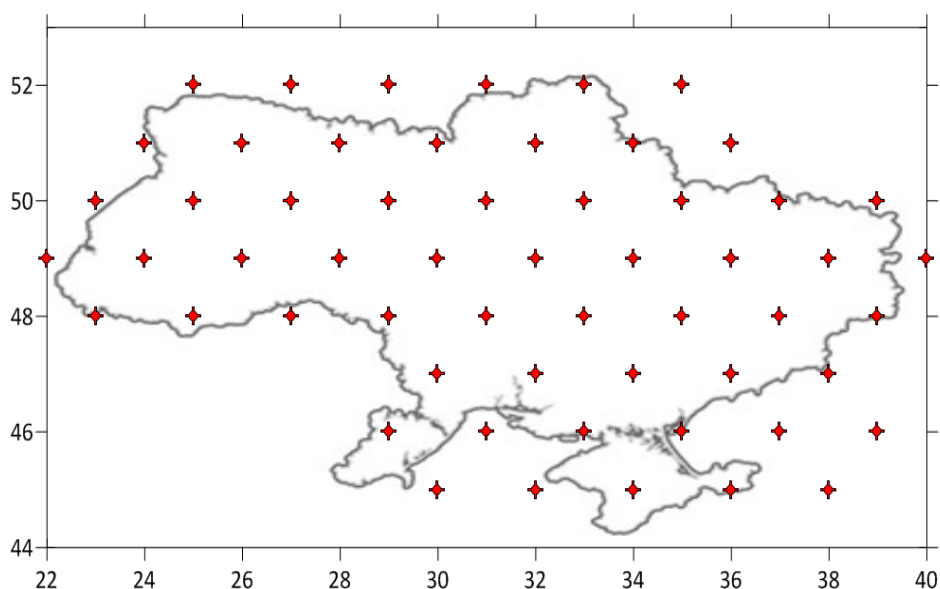


Рис.3. Розміщення вузлів сітки ECMWF ♦ на мапі України

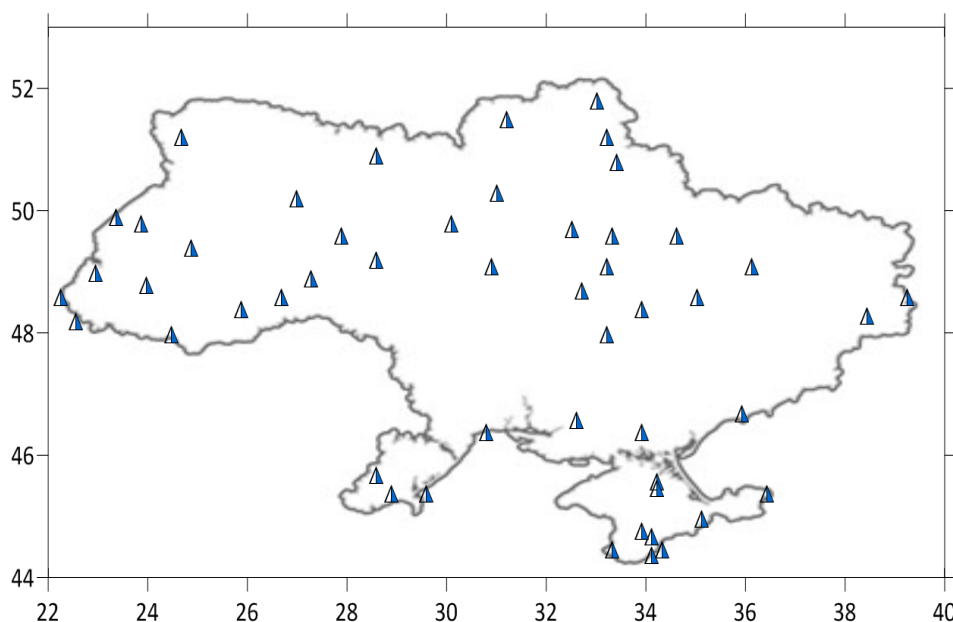


Рис.4. Розміщення метеостанцій з даними тривалості сонячного сйва ▲ на мапі України

Як одиницю тривалості сонячного сйва використовують годину. Вимірювання тривалості сонячного сйва на метеостанціях виконують з точністю до $\pm 0,1$ год [1].

Для проведення розрахункових робіт використовуються фізико–математичні методи дослідження. Ці методи включають в себе програми Excel та Statistica. Зокрема, в програмі Excel створено базу даних тривалості сонячного сйва за супутниковими спостереженнями у вузлах сітки та відповідні вузлам наземні дані метеорологічних станцій. А в програмі Statistica отримана залежність супутникових та наземних даних тривалості сонячного сйва з використанням методів лінійної регресії. Лінійна регресія подана у вигляді кореляційних графіків, що формує створення регресійного аналізу даного дослідження. При цьому, рівень значимості кореляційного графіку, за якою встановлена залежність, відповідає 95-відсотковому рівню забезпеченості, що відповідає оптимальному рівню значимості, за яким можна побудувати еліпс розсіювання на відповідному графіку.

Таблиця 1. Координати метеостанцій України та найближчий до них вузол

Метеостанція	Координати метеостанції		Найближчий вузол	Метеостанція	Координати метеостанції		Найближчий вузол
	Широта, °	Довгота, °			Широта, °	Довгота, °	
Покошичі	51,8	33	52х33	Дебальцеве	48,3	38,4	48х39
Чернігів, АМСГ	51,5	31,2	52х31	Дніпропетровськ, АМСГ	48,6	35	48х35
Конотоп	51,2	33,2	51х34	Знаменка	48,7	32,7	48х33
Коростень	50,9	28,6	51х28	Комісарівка	48,4	33,9	48х33
Ковель	51,2	24,7	51х24	Кривий Ріг	48	33,2	48х33
Полтава	49,6	34,6	50х35	Кам'янець-Подільський	48,6	26,7	48х27
Золотоноша	49,7	32,5	50х33	Пожежевська	48	24,5	48х25
Ромни	50,8	33,4	50х33	Чернівці, АМСГ	48,4	25,9	48х25
Веселий Поділ	49,6	33,3	50х33	Берегове	48,2	22,6	48х23
Бориспіль	50,3	31	50х31	Ботієве	46,7	35,9	47х36
Біла Церква	49,8	30,1	50х31	Херсон	46,6	32,6	47х32
Шепетівка	50,2	27	50х27	Асканія Нова	46,4	33,9	46х33
Яворів	49,9	23,4	50х23	Одеса, обсерваторія	46,4	30,8	46х31
Львів, АМСГ	49,8	23,9	50х23	Болград	45,7	28,6	46х29
Харків, АМСГ	49,1	36,1	49х36	Ізмаїл, обсерваторія	45,4	28,9	46х29
Світловодськ	49,1	33,2	49х34	Керч, АМСГ	45,4	36,4	45х36
Звенигородка	49,1	30,9	49х30	Карадаг	45	35,1	45х36
Нова Ушиця	48,9	27,3	49х28	Клепиніне	45,6	34,2	45х34
Хмільник	49,6	27,9	49х28	Сімферополь, АМСГ	44,7	34,1	45х34
Вінниця, АМСГ	49,2	28,6	49х28	Почтове	44,8	33,9	45х34
Бережани	49,4	24,9	49х24	Херсонський маяк	44,5	33,3	45х34
Долина	48,8	24	49х24	Ай-Петрі	44,4	34,1	45х34
Ужгород, АМСГ	48,6	22,3	49х22	Ялта	45,5	34,2	45х34
Межгір'я	49	23	49х22	Нікітський Сад	44,5	34,3	45х34
Луганськ	48,6	39,2	48х39	Вилкове	45,4	29,6	45х30

Виклад основного матеріалу. Для порівняння супутникових та наземних даних спостережень тривалості сонячного саява на території України використовуються дані за календарне літо сучасного періоду із 2011 по 2019 роки, так як саме в літні місяці спостерігаються найвищі показники тривалості сонячного саява. Враховуються координати метеорологічних станцій, на яких вимірюється тривалість сонячного саява. Для цих станцій підбирається найближчий вузол із супутниковими даними. Порівняння супутникових та наземних даних тривалості сонячного саява на території України базується на лінійній залежності супутникових (Reanalysis) та наземних (Ground) даних.

Проаналізувавши результати залежності супутникових та наземних даних тривалості сонячного саява на території України за визначений період, отримано значення коефіцієнта кореляції в межах 0.50 - 0.80, що відповідає помірній та значущій кореляції, а отже й достатньо великій залежності супутникових та наземних даних на території України.

Кореляційний графік порівняння супутникових та наземних даних тривалості сонячного саява 2012 року з найвищим коефіцієнтом кореляції показаний на рис. 5.

Для створення кореляції використовується залежність між вузлом сітки і найближчою до даного вузла метеостанцією для кожного місяця календарного літа кожного року. Потім

визначається середнє значення коефіцієнта кореляції за ці 3 місяці кожного року. Коефіцієнти кореляції за кожен місяць і середні за календарне літо занесені в табл. 2.

Таблиця 2 Коефіцієнти кореляції супутникових та наземних даних тривалості сонячного сйива на території України

Рік	Коефіцієнт кореляції			
	Червень	Липень	Серпень	Середній
2011	0.54	0.88	0.68	0.70
2012	0.81	0.73	0.85	0.80
2013	0.84	0.59	0.74	0.72
2014	0.62	0.81	0.84	0.76
2015	0.51	0.41	0.54	0.49
2016	0.66	0.59	0.62	0.62
2017	0.52	0.47	0.62	0.53
2018	0.80	0.70	0.83	0.78
2019	0.53	0.57	0.59	0.56

Як видно з даної таблиці, найвищий коефіцієнт кореляції припадає на 2012 рік і становить 0.80. Пояснюється він тим, що, протягом літнього сезону 2012 р., з найкращою кореляцією між супутниковими та наземними даними, у всі місяці на більшості території України відзначена від'ємна аномалія температури повітря, а також кількість атмосферних опадів вище або в межах норми [12].

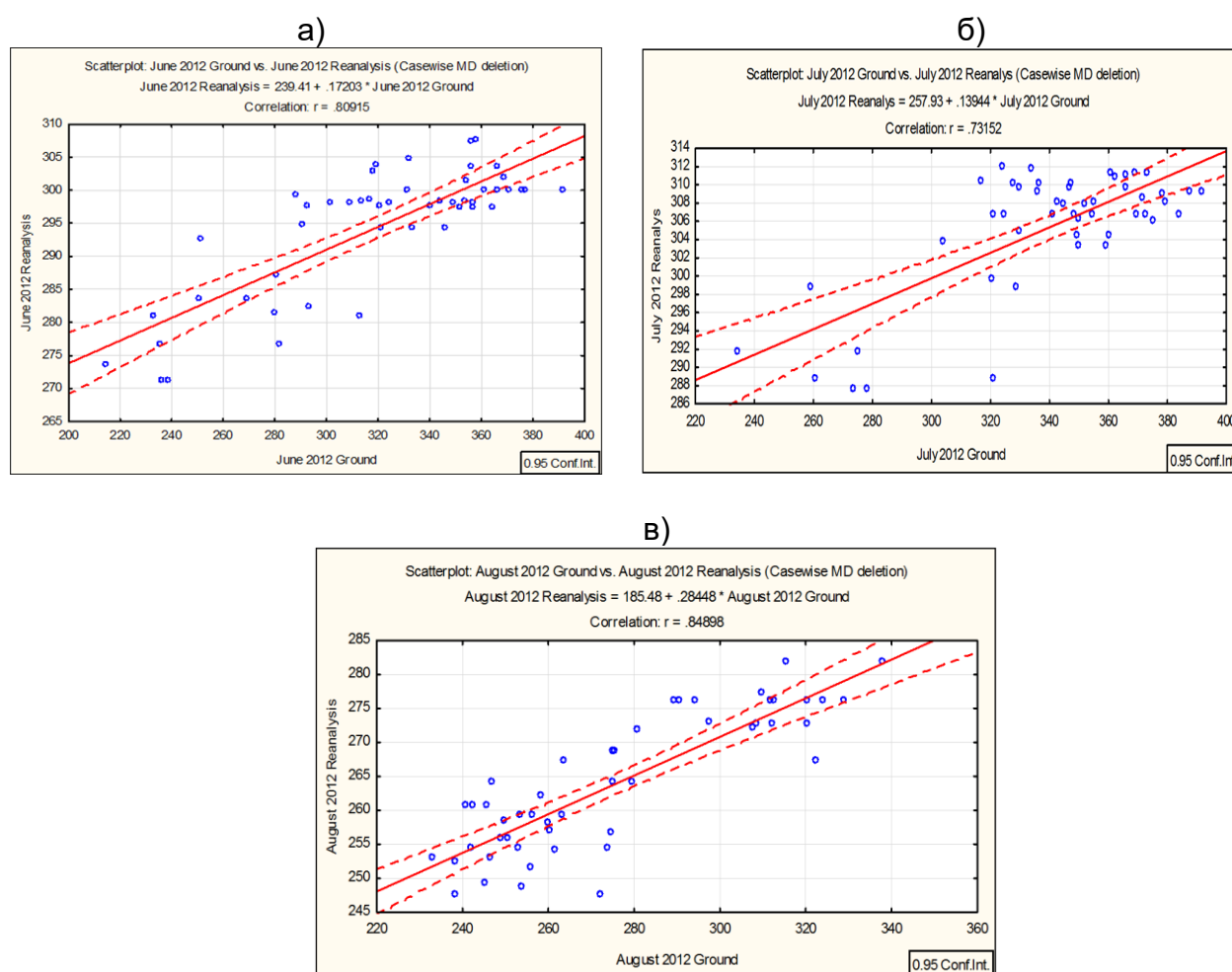


Рис. 5. Порівняння супутникових та наземних даних тривалості сонячного сйива в період а) червень; б) липень; в) серпень 2012 р.

У 2015 р. спостерігається наявність найнижчого значення коефіцієнта кореляції супутникових та наземних даних тривалості сонячного сяйва на території України, що становить 0.49. Пояснюється така найменша залежність у даному році з – поміж інших залежностей у інші роки досліджуваного періоду тим, що протягом літнього сезону 2015 р. з мінімумом кореляції, також відзначена в основному аномалія температури повітря нижче або в межах норми, але при більшій неоднорідності в просторі, при різних знаках аномалії у східних, південних та західних областях [12].

З допомогою програми STATISTICA визначається середнє квадратичне відхилення тривалості сонячного сяйва σ . Тоді сумарна похибка при 95% довірчому рівні має значення 2σ [12]. Значення сумарної похибки для наземних та супутникових даних занесені в таблицю 3. Середня сумарна похибка за календарне літо показана на рис.6.

Таблиця 3. Значення сумарної похибки для наземних та супутникових даних тривалості сонячного сяйва на території України, (год/міс)

Рік	Сумарна похибка, год/міс							
	Червень		Липень		Серпень		Середня	
	Наземні	Супутн.	Наземні	Супутн.	Наземні	Супутн.	Наземні	Супутн.
2011	58.87	13.79	95.67	34.08	70.17	17.28	74.90	21.72
2012	90.21	19.18	71.09	13.55	59.50	19.94	73.60	17.56
2013	81.89	17.24	57.01	7.25	70.59	21.23	69.83	15.24
2014	50.80	15.57	84.59	23.57	78.94	20.99	71.44	20.04
2015	81.88	26.35	57.87	11.81	53.19	12.89	64.31	17.02
2016	59.46	17.38	65.95	16.06	45.10	16.25	56.84	16.57
2017	55.70	10.10	58.54	11.00	40.41	11.39	51.55	10.83
2018	104.97	24.52	81.30	21.59	77.55	12.61	87.94	19.57
2019	58.10	8.03	60.62	5.92	54.25	12.46	57.66	8.80



Рис.6. Середня сумарна похибка за календарне літо для наземних та супутникових даних тривалості сонячного сяйва на території України, год/міс

Як показано на рисунку 6, наземні метеостанції мають меншу точність вимірювань, на відміну від супутникових даних. Адже сумарна похибка тривалості сонячного сяйва на території України для супутникових даних коливається в межах від 8.80 год/міс у 2019 р. до 20.04 год/міс у 2014 р. та 21.72 год/міс у 2011 р. Натомість сумарна похибка тривалості сонячного сяйва для наземних даних метеостанцій знаходиться в межах від 51.55 год/міс у 2017 р. до 87.94 год/міс у 2018 р..

Сумарна похибка тривалості сонячного сяйва як супутникових, так і наземних даних на території України у 2011 та 2014 рр. пояснюється значним сплеском сонячної активності у ці роки, що досягає показника у розмірі 150 кількості сонячних спалахів і становить найбільший показник даних спалахів за період із 2010 по 2020 рр. [11]. Проте, незважаючи на це, сумарна похибка тривалості сонячного сяйва супутникових даних все рівно в рази

менша, ніж сумарна похибка наземних даних досліджуваної величини. Детальніше кількість сонячних спалахів показана на рис. 7 [11].

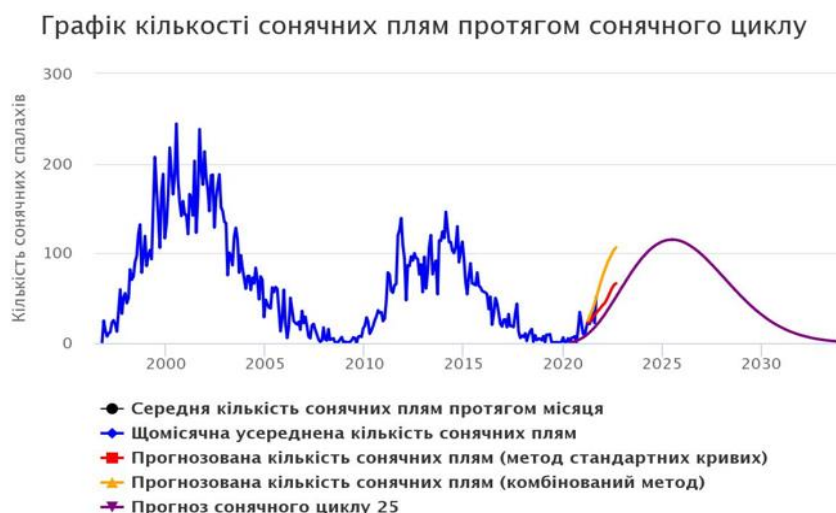


Рис.7. Графік кількості сонячних спалахів за 23 – 24 сонячні цикли та прогноз на 25 сонячний цикл [11]

При врахуванні погодних умов та типів синоптичної ситуації в тропосфері, у 2011, 2014 роки – максимуму сонячної активності, навпаки, - в Україні та східній Європі в цілому відзначається тепліша погода, з температурою повітря вище норми, крім областей Сходу, що супроводжується дефіцитом опадів на більшості території [12].

У посушливі місяці, як, наприклад, серпень 2018 р., підвищена температура повітря разом з дефіцитом опадів спостерігається в центрі та Лівобережжі, тобто не на всій території, у той час як у західних областях спостерігалася прохолодніша погода з опадами вище за кліматичну норму [12]. Це говорить про те, що при проведенні аналізу даних про тривалість сонячного саява необхідна деталізація по регіонах або окремих областях.

За результатами досліджень, проведених у відділі кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди Українського гідрометеорологічного інституту, посуха серпня 2018 року характеризується пороговим значенням тривалості сонячного саява, що становить вище 11.6 годин за добу. Таке велике значення тривалості сонячного саява відповідно і зумовлює найбільшу похибку досліджуваного параметра за наземними даними метеостанцій за період із 2011 по 2019 роки. Розподіл тривалості сонячного саява при наявності визначеного порогового значення цієї величини для серпня 2018 року зображено на рис. 8.

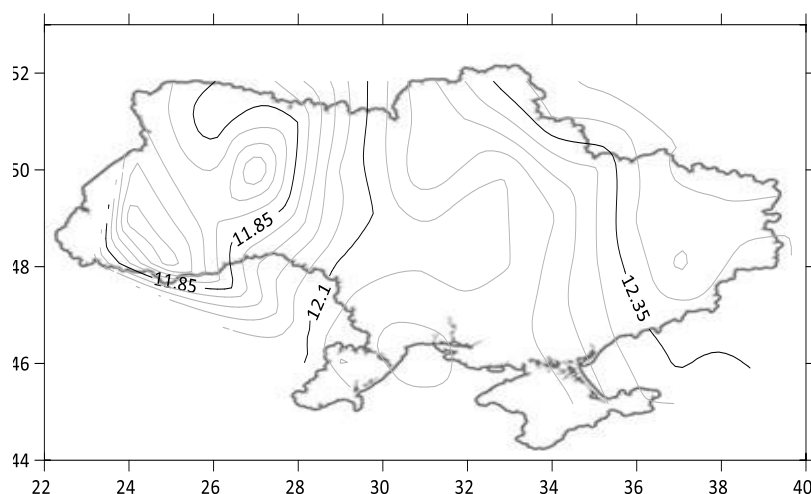


Рис.8. Розподіл тривалості сонячного саява з пороговим значенням вище 11.6 годин за добу на території України в період посухи серпня 2018 р.

Неоднорідність розподілу багатьох метеорологічних характеристик по території України пояснюється особливостями сезонної синоптичної ситуації, зокрема впливом Європейської улоговини на західні області та субтропічного антициклону, тому посушливі явища, що супроводжуються безхмарною погодою, частіше реєструються на сході країни. Відповідно, зростає тривалість сонячного саява та надходження прямої сонячної радіації, тобто існує зворотній зв'язок між полями хмарності та сонячними параметрами. Пошук зв'язків між метеорологічними величинами та параметрами сонячної радіації є однією з практично важливих задач, що може допомогти у вирішенні проблеми довгострокових прогнозів, у тому числі небезпечних явищ.

Крім цього, великі похибки наземних даних метеостанцій тривалості сонячного саява пояснюються й можливою відсутністю у певний період наземних даних тривалості сонячного саява, а процес відновлення пропущених даних дає не точну, а приблизну інформацію. За рахунок цього, наземні дані показують лише приблизний розподіл тривалості сонячного саява, на відміну від супутникових даних, що може призвести до неточності оцінки тривалості сонячного саява на території України.

Дискусія та пропозиції. Також ще однією причиною того, що дані метеостанцій мають дещо меншу точність є оцінка тривалості сонячного саява за окремими метеостанціями. Оскільки метеостанції розташовані на значній відстані одна від одної, в той же час як супутникові дані дозволяють отримати тривалість сонячного саява із навіть незначної за площею ділянки території, то формується менша вибірка наземних даних, у порівнянні з супутниковими даними. Це в свою чергу погіршує точність отриманих наземних даних тривалості сонячного саява.

На наземних метеостанціях для вимірювання тривалості сонячного саява в основному використовують геліограф ГУ–1. Геліограф має бути зорієнтований уздовж географічного меридіану і за географічною широтою станції. При неправильному встановленні геліографа відносно меридіану виникає розходження між часом знімання стрічки і часом закінчення запису на одній стрічці та початком запису на наступній [1]. Це у свою чергу виступає ще одним фактором погіршення точності наземних даних тривалості сонячного саява.

На метеостанціях, похибки реєстратора геліографа обумовлені головним чином залежністю утворення пропалів від температури та вологості стрічки, а також ефектом посиленого пропалення, особливо у разі розірваних хмар. Значення, отримані вранці в середніх і високих широтах, часто обумовлені обмерзанням чи відпітнінням скляної кулі [12].

Тривалість затінення виявляють візуально за наявністю сонячного саява безпосередньо біля геліографа. Якщо через затінення геліографа втрата запису в сумі перевищує 0,2 год, цей запис доповнюють даними візуальних спостережень. Тут може виникнути неточність наземних даних за рахунок механічної помилки спостерігача.

Необхідно також пам'ятати, що початок і кінець реєстрації сонячного саява на стрічці не збігаються зі справжнім часом сходу і заходу Сонця через інерцію кульової скляної лінзи та умов установлення геліографа. Це призводить до значних похибок отриманих даних тривалості сонячного саява на метеостанціях [1].

З 1980-х рр. на метеорологічних мережах закордонних країн почали використовуватись автоматизовані прилади. На українській антарктичній станції «Академік Вернадський» з 1996 р. використовувався датчик тривалості сонячного саява Naenni Solar 111B фірми Kipp&Zonen. Враховуючи дані геліографа, на станції накопичений один з найдовших в Антарктиці безперервний ряд за період 1957-2007 років. Деяким недоліком цього типу приладів була наявність рухомих частин з тінювими кільцями.

На сучасному рівні розвитку технологій тривалість сонячного саява вимірюється універсальними багатоцільовими датчиками сонячного випромінювання типу BF5. Вони використовують масив фотодіодів з унікальною комп'ютерною схемою затінення для вимірювання падаючої сонячної радіації. Мікропроцесор розраховує глобальну (сумарну) та дифузну (розсіяну) складові випромінювання та визначає стан сонячного саява.

Датчик сонячного світла BF5 не потрібно регулювати або переміщувати, щоб відстежувати Сонце – це явна перевага перед пристроями з тінювими кільцями. Немає складних електромеханічних вузлів і доріжок спаленого паперу для інтерпретації.

Використовуючи такого типу прилади, можна підвищити точність наземних даних метеостанцій, зокрема тривалості сонячного сяйва. І тоді, при поліпшеній точності наземних даних вони також дозволять якісно оцінити тривалість сонячного сяйва на рівні з супутниковими даними.

Висновки.

1. Отримані результати дослідження свідчать про значну кореляцію, а отже й велику залежність між супутниковими та наземними даними тривалості сонячного сяйва на території України. Це в свою чергу підтверджує високу точність супутникових даних, що дозволяє якісно оцінювати розподіл тривалості сонячного сяйва на території нашої держави.

2. Загалом отримані результати підтверджують факт того, що для якісної оцінки метеорологічних та гідрологічних параметрів одночасно з наземними даними метеостанцій можна також використовувати супутникові дані. При цьому точність параметрів не лише не зменшиться, а, й, навіть, зросте, про що свідчать результати середньої сумарної похибки досліджуваного параметра тривалості сонячного сяйва на території України.

3. Наземні дані метеостанцій України ще потребують підвищення точності задля правильної оцінки досліджуваного параметра. Використовуючи універсальні багатоцільові датчики сонячного випромінювання типу BF5, можна підвищити точність наземних даних метеостанцій, зокрема тривалості сонячного сяйва. І тоді, при поліпшеній точності наземних даних вони також дозволять якісно оцінити тривалість сонячного сяйва на рівні з супутниковими даними.

4. Проведено співставлення аномалій окремих метеорологічних величин та явищ у місяці та роки з різною кореляцією між супутниковими та наземними даними тривалості сонячного сяйва. Відзначено, що місяцям з найкращою кореляцією відповідає більш однорідна аномалія температури повітря та опадів на теренах України з переважно від'ємною аномалією температури повітря, а у місяці з мінімумом кореляції відзначена значна неоднорідність в просторі при різних знаках аномалії у східних, південних та західних областях. Загалом зроблено висновок про необхідність деталізації даних тривалості сонячного сяйва по регіонах або окремих областях при проведенні аналізу в роки із значними кліматичними аномаліями, наприклад, у посушливі місяці або періоди із значними опадами.

Список літератури

1. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина 1. Метеорологічні спостереження на станціях // Державна гідрометеорологічна служба Київ, 2011
 2. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Коливання тривалості сонячного сяйва в Україні в сучасних умовах // Міжнародна конференція «Глобальні та регіональні зміни клімату». Київ, Україна. 16-19 листопада 2010
 3. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні // Український географічний журнал. 2022.1. С.16-23
 4. Семенова І. Г. Супутникова метеорологія (конспект лекцій) // Одеса «Екологія», ОДЕКУ, 2008
 5. Angstrom A. Solar and terrestrial radiation // Q. J. R. Meteorol. Soc. 1924, 50, 121–125
 6. Colston J.M., Mahopo T.C., Kosek M., Svensen E. Evaluating meteorological data from weather stations, and from satellites and global models for a multi-site epidemiological study // April 2018
 7. Forecasts ECMWF European Centre for Medium-Range Weather. ERA Interim, Daily [Internet]. URL: <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>
 8. Kandirmaz H. M. and Kaba K. Estimation of Daily Sunshine Duration from Terra and Aqua MODIS Data // Adana, Turkey. 15 April 2014
 9. Kothe S., Pfeifroth U., Cremer R., Trentmann J. and Hollmann R. A Satellite-Based Sunshine Duration Climate Data Record for Europe and Africa // Deutscher Wetterdienst, 63067 Offenbach, Germany, May 2017
 10. McGrath J.; Selten J.P.; Chant D. Long-term trends in sunshine duration and its association with schizophrenia birth rates and age at first registration-data from Australia and the Netherlands // Schizophr. Res. 2002, 54, 199–212
 11. Sunspot Index and Long-term Solar Observations Royal Observatory of Belgium [Internet] URL: <https://www.bis.sidc.be/silso/dayssnplot>
 12. WMO Library. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3720
- ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

13. Zhu X.C.; Qiu X.F.; Zeng Y.; Gao J.Q.; He Y.J. A remote sensing model to estimate sunshine duration in the Ningxia Hui autonomous region, China // J. Meteorol. Res. 2015, 29, 144–154

References

1. Nastanova hidrometeorologichnym stantsiiam i postam. Vypusk 3. Chastyna 1. Meteorologichni sposterezhennia na stantsiiakh. Kerivniy dokument. Derzhavna hidpometeopolohichna sluzhba [Regulations on hydrometeorological stations and posts. Governing document. State hydrometeorological service]. Kyiv, 2011
2. Rybchenko L.S., Savchuk S.V. Kolyvannia tryvalosti soniachnoho siaiva v Ukraini v suchasnykh umovakh [Fluctuations in the sunshine duration in Ukraine under modern conditions] // Mizhnarodna konferentsiia «Hlobalni ta rehionalni zminy klimatu». Kyiv, Ukraina. 16-19 lystopada 2010
3. Rybchenko L.S., Savchuk S.V. Potentsial helioenerhetychnykh klimatychnykh resursiv soniachnoi radiatsii v Ukraini [The potential of solar energy climate resources of solar radiation in Ukraine] // Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal. 2022.1. S.16-23
4. Semenova I. H. Suputnykova meteorolohiia (konspekt lektsii) [Satellite meteorology (lecture notes)] // Odesa «Ekolohiia», ODEKU, 2008
5. Angstrom A. Solar and terrestrial radiation // Q. J. R. Meteorol. Soc. 1924, 50, 121–125
6. Colston J.M., Mahopo T.C., Kosek M., Svensen E. Evaluating meteorological data from weather stations, and from satellites and global models for a multi-site epidemiological study // April 2018
7. Forecasts ECMWF European Centre for Medium-Range Weather. ERA Interim, Daily [Internet]. URL: <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>
8. Kandirmaz H. M. and Kaba K. Estimation of Daily Sunshine Duration from Terra and Aqua MODIS Data // Adana, Turkey. 15 April 2014
9. Kothe S., Pfeifroth U., Cremer R., Trentmann J. and Hollmann R. A Satellite-Based Sunshine Duration Climate Data Record for Europe and Africa // Deutscher Wetterdienst, 63067 Offenbach, Germany, May 2017
10. McGrath J.; Selten J.P.; Chant D. Long-term trends in sunshine duration and its association with schizophrenia birth rates and age at first registration-data from Australia and the Netherlands // Schizophr. Res. 2002, 54, 199–212
11. Sunspot Index and Long-term Solar Observations Royal Observatory of Belgium [Internet] URL: <https://wwwbis.sidc.be/silso/dayssnplot>
12. WMO Library. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3720
13. Zhu X.C.; Qiu X.F.; Zeng Y.; Gao J.Q.; He Y.J. A remote sensing model to estimate sunshine duration in the Ningxia Hui autonomous region, China // J. Meteorol. Res. 2015, 29, 144–154

Comparison of satellite and terrestrial data of observations of sunshine duration on the example of the territory of Ukraine

Kykhtenko Y.V., Tymofeev V.E

In this article, a comparison of satellite and terrestrial data on the sunshine duration is determined on the example of the territory of Ukraine for the period of the calendar summer of 2011-2019. In particular, it was established that the value of the correlation coefficient of satellite and terrestrial ancient of sunshine duration is within 0.50 - 0.80, which corresponds to a moderate and significant correlation, and therefore a sufficiently large dependence between these types of obtaining meteorological and actinometric information of the studied parameter. Attention is also focused on the possibilities of improving the accuracy of ground data using universal multi-purpose solar radiation sensors, for example BF5 type sensors; and high accuracy of satellite data is confirmed.

The average total error of the sunshine duration was determined based on satellite data and data from terrestrial weather stations. The obtained results indicate that ground weather stations have several times lower accuracy of measurements, in contrast to satellite data. After all, the average maximum total error of the sunshine duration of terrestrial data is four times higher than the average maximum total error of satellite data of the studied quantity. This, in turn, allows us to use satellite data for a qualitative assessment of the sunshine duration on the territory of Ukraine and allows us to assert that, in addition to ground data, it is possible to use satellite data of the sunshine duration as a studied quantity, as well as satellite data of any quantity in general.

In addition, the influence of weather and climate anomalies on the obtained comparison results was investigated. As a result of the research, it was noted that mostly the months with the best correlation correspond to a more homogeneous anomaly of air temperature and precipitation, and the months with the minimum correlation are marked by significant heterogeneity in the space of anomalies of the fields of these meteorological quantities. On a territorial scale, when analyzing data on the sunshine duration, it is necessary to detail meteorological values that depend on the studied parameter by region or individual areas.

Keywords: Satellite data; terrestrial data; sunshine duration; comparison of the sunshine duration of satellite and terrestrial data; climate anomalies.

Надійшла до редколегії 20.07.2022

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.10>

УДК 556.5

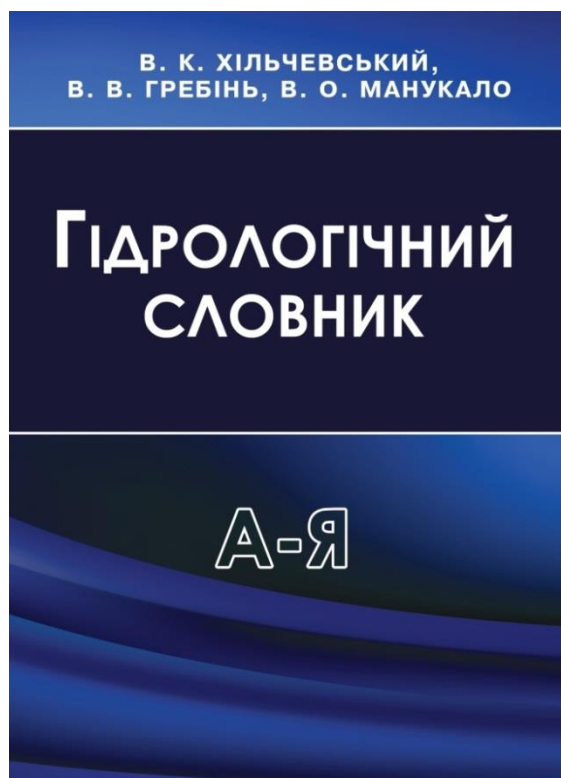
Забокрицька М.Р.

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

ВИЙШОВ З ДРУКУ ПЕРШИЙ В УКРАЇНІ «ГІДРОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК» (2022 р.)

У статті представлено та проаналізовано, виданий у 2022 р., тлумачний «Гідрологічний словник». Автори Словника: В.К. Хільчевський, В.В. Гребінь (Київський національний університет імені Тараса Шевченка), В.О. Манукало (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України). У Словнику вміщено терміни, які висвітлюють основні питання гідрології поверхневих вод – гідрологічний режим, динаміку водних мас (течії, хвилювання, інфільтрація та інші процеси) і їхнього ложа (формування берегів і дна водних об'єктів, руслові процеси, ерозію, перенесення і відкладення наносів), теплові процеси (теплообмін, тепловий баланс, випаровування, конденсацію) і агрегатні стани води (льодові явища, сніговий покрив). «Гідрологічний словник» є актуальним науково-методичним виданням, створеним на основі багаторічних напрацювань вчених та з використанням сучасних вітчизняних і світових підходів. Словник розраховано на студентів університетів спеціальності «Науки про Землю» освітніх програм гідрологічного профілю. Словник буде корисним фахівцям в галузі гідрології, гідроекології, гідрохімії, гідрогеології, географії.

Ключові слова: гідрологічний словник, гідрологія суходолу, моніторинг вод, Україна.



У червні 2022 р. у видавництві «ДІА» вийшов перший, створений в Україні, «Гідрологічний словник» ISBN 978–617–7785–45–2 [14].

Його авторами є відомі фахівці:

Хільчевський Валентин Кирилович – доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, почесний працівник гідрометслужби України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, завідувач кафедри гідрології та гідроекології (2000-2019 рр.) географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, від 2019 р. – професор кафедри гідрології та гідроекології;

Гребінь Василь Васильович – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (від 2019 р.). В 1992–2019 рр. – асистент, доцент, професор цієї кафедри;

Манукало В'ячеслав Олександрович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заслужений природоохоронець України, почесний працівник гідрометслужби України. В 2002–2011 рр. – заступник керівника Державної гідрометслужби України. Від 2011 р. – старший науковий співробітник, від 2017 р. – завідувач сектору стандартизації Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України.

Автори Словника є членами робочої групи з розроблення проєкту нового національного стандарту ДСТУ 3517 «Гідрологія суходолу. Терміни та визначення основних понять» (наказ національного органу стандартизації державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 10 листопада 2021 р., № 423).

Гідрологія - наука про гідросферу, що вивчає її властивості, динаміку і взаємодію з іншими елементами географічної оболонки Землі. За досліджуваними об'єктами поділяється на гідрологію поверхневих вод (або гідрологію суходолу), гідрологію океанів і морів (океанологію). В свою чергу, гідрологія поверхневих вод – на гідрологію річок (вчення про річки) та гідрологію озер (озерознавство або лімнологія). У водних об'єктах вивчається: динаміка водних мас (течії, хвилювання, інфільтрація та інші процеси); динаміка їхнього ложа (формування берегів і дна водних об'єктів, руслові процеси, ерозія, перенесення і відкладення наносів); теплові процеси (теплообмін, тепловий баланс, випаровування, водний баланс) і агрегатні стани води (льодові явища, сніговий покрив), хімічні та біологічні процеси. Виділяється також гідрологія підземних вод (гідрогеологія), гідрологія ґрунтів, гідрологія льодовиків (гляціологія) і гідрологія боліт.

У зв'язку зі спільністю процесів, що відбуваються у водних об'єктах, поряд з пооб'єктним розподілом гідрології, її часто поділяють за досліджуваними процесами на динаміку вод, гідрофізику, гідрохімію і гідробіологію. Оскільки вказані процеси в кожному з водних об'єктів мають свої особливості, то розвиток в гідрології отримали об'єктні дисципліни, що включають вивчення комплексу питань з динаміки вод, гідрофізики, гідрохімії і гідробіології.

Оскільки в дану сферу залучається все ширше коло фахівців, зокрема тих, хто займається актуальною проблемою використання, охорони та відтворення водних ресурсів, важливого значення набувають питання уніфікації гідрологічної термінології. Цій меті присвячено «Гідрологічний словник», який є першим в Україні науково-довідковим виданням такого спрямування. У Словник включено понад 1600 гасел (термінів, понять), які широко вживаються в науковій літературі з гідрології, а також низка термінів із суміжних наукових дисциплін, пов'язаних з гідрологією (гідрохімія, географія, метеорологія, геологія, гідрогеологія, гідробіологія, гідротехніка та ін.).

При роботі над Словником використано науково-методичний досвід наукової школи кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка [2, 4, 9, 12, 13], а також враховано досвід видання в 2022 р. В.К. Хільчевським «Гідрохімічного словника» [11].

Взято до уваги напрацювання з розроблення національних нормативних документів України у сфері гідрометеорологічної діяльності [7, 8, 20]. У своїй роботі над Словником автори спиралися на вітчизняні нормативні документи (ДСТУ 3517–97 «Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять» [3]; Водний кодекс України [1]; закони України [5, 6]) та нормативні документи Європейського Союзу (Водна рамкова директива та Директива про оцінку і управління ризиками затоплення [15, 16]). У авторів є досвід виконання гідрологічних досліджень в транскордонних річкових басейнах і порівняння їх з результатами, отриманими в сусідніх державах [18].

Певним орієнтиром слугували науково-довідкові видання: «International Glossary of Hydrology» (WMO, UNESCO, 2012) [17]; «Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals» (Springer, 2022) [19].

Гасла в Словнику розташовані в алфавітному порядку і виділені жирним шрифтом. У деяких випадках робиться відсилання до іншого гасла, в якому детальніше розглянуто питання. При розміщенні в тексті таблиці зроблено посилання на джерело у бібліографічному списку.

У Словнику міститься предметний покажчик, який робить зручним пошук потрібних термінів за відповідними сторінками.

Варто зазначити, що у Словнику, поряд з класичними термінами з гідрології та водних ресурсів, з'явилися терміни, які є ознакою нашого часу. А саме, вони стосуються таких глобальних понять як водний дефіцит, водний конфлікт, водний слід, індикатор водного стресу тощо (приклади див. нижче).

«Водний дефіцит - нестача запасів прісної води для забезпечення потреб населення
ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)

в питній воді відповідної якості. Виділяють два типи В. д. фізичний та економічний. Фізичний В. д. - нестача води для задоволення всіх потреб, у тому числі тих, які необхідні для ефективного функціонування екосистем. Посушливі райони (наприклад, Центральна та Західна Азія та Північна Африка) часто страждають від фізичного В. д. Економічний В. д. – нестача води, спричинена відсутністю інвестицій в інфраструктуру або технології для забору води з джерел водопостачання. Більшість території Африки на південь від Сахари характеризується економічним В. д.» [14, 19].

«Водний конфлікт.- конфлікт між країнами або всередині країни щодо прав на доступ до водних ресурсів. ООН визнає, що В. к. виникають через протилежні інтереси державних або приватних водокористувачів. Протягом усієї історії людства виникало багато конфліктів через воду. Більшість В. к. відбувається за прісну воду, оскільки її ресурси розподілено нерівномірно на планеті» [10, 14].

«Індикатор водного стресу (індикатор Фалькенмарк) - питомий показник загальних водних ресурсів (внутрішні водні ресурси разом з транзитним стоком) на 1 людину на певній території: менше 1700 м³/рік/людину – водний стрес; менше 1000 м³/рік/людину – водний дефіцит; менше 500 м³/рік/людину – абсолютний водний дефіцит [14].

У Словнику представлено терміни, які стосуються реалізації в Україні положень Водної рамкової директиви Європейського Союзу: масив (М.) поверхневих вод; М. підземних вод; істотно змінений М. поверхневих вод; екологічний стан М. поверхневих вод тощо.

Розтлумачено ціла низка термінів, які стосуються гідрографічного районування України 2016 р. (район річкового басейну, суббасейн тощо), різних видів моніторингу (М.) згідно з вимогами ВРД ЄС (М. вод державний, М. масивів поверхневих вод дослідницький, М. масивів поверхневих та підземних вод діагностичний, М. масивів поверхневих та підземних вод операційний, М. морських вод, М. морських вод базовий оціночний, М. морських вод дослідницький, М. морських вод супровідний тощо).

Висновки

1). «Гідрологічний словник» авторства В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня, В.О. Манукала (2022 р.) є актуальним науково-методичним виданням, створеним на основі багаторічних напрацювань вчених та з використанням сучасних вітчизняних і світових підходів.

2). Словник розрахований на студентів університетів спеціальності «Науки про Землю» освітніх програм гідрологічного профілю. Але, він буде корисним і для освітніх програм географічного та екологічного спрямування суміжних спеціальностей. Словник буде корисним і фахівцям в галузі гідрології, гідрохімії, гідроекології, гідрогеології, географії.

Список літератури

1. Водний кодекс України. ВВР, 1995, № 24, ст. 189.. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

2. Гребінь В.В. Про наукову школу гідрохімії та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2013. № 3(30). С. 112-116.

3. ДСТУ 3517–97. Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 01.07.1997]. К.: Держспоживстандарт України, 1997. 113 с.

4. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. / За ред. В.К. Хільчевського та О.Г. Ободовського. К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. 399 с.

5. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом». ВВР, 2016, № 46, ст. 780. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19#Text>

6. Закон України «Про гідрометеорологічну діяльність». ВВР, 1999. № 16, ст. 95. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-14#Text>

7. Осадчий В.І., Хільчевський В.К., Манукало В.О. Національна гідрометеорологічна служба в Україні – століття системних спостережень та прогнозів (1921-2021 роки) // Український географічний журнал. 2021. № 3. С. 3-11.

8. Про розроблення національних нормативних документів України у сфері гідрометеорологічної діяльності / В.С. Максимов, В.О. Манукало, Н.І. Швень та ін. // Наукові праці УкрГМІ. 2016. Вип. 268. С. 103–107.

9. Університетська гідрологічна наука в Україні та перспективи подальшого її розвитку / В.К.

Хільчевський, Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода та ін. // Український гідрометеорологічний журнал. 2017. № 19. С. 90–105.

10. Хільчевський В.К. Водні та збройні конфлікти – класифікаційні ознаки: у світі та в Україні // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2022. № 1(63). С. 6-19. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>

11. Хільчевський В.К. Гідрохімічний словник К.: ДІА, 2022. 208 с.

12. Хільчевський В.К. Національний гідрометеорологічний службі в Україні 100 років: роль випускників-гідрологів Київського університету імені Тараса Шевченка в її діяльності // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2021. № 2(60). С. 49-73.

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

14. Хільчевський В.К., Гребін В.В., Манукало В.О. Гідрологічний словник. К.: ДІА, 2022. 236 с.

15. 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>

16. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32007L0060X>.

17. International Glossary of Hydrology. Genève: WMO, UNESCO, 2012. 461 p.

18. Khilchevskiy V.K., Grebin V.V., Zabokrytska M.R. Abiotic Typology of the Rivers and Lakes of the Ukrainian Section of the Vistula River Basin and its Comparison with Results of Polish Investigations // Hydrobiological Journal. 2019. Vol. 55. Is. 3. P. 95-102. DOI: 10.1615/HydrobJ.v55.i3.110.

19. 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. 2022. P. 240-250. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_101

20. Manukalo V., Khilchevskiy V., Grebin V. Training and Retraining Hydrologists for the Hydrometeorological Service of Ukraine: Present State and New Challenges. Virtual Poster Session for 14th WMO Symposium on Education and Training (SYMET-14), Nov. 22-25, 2021. URL: <https://symet-14.virtualpostersession.org/>

Reference

1. Vodnyi kodeks Ukrainy [Water Code of Ukraine]. VVR, 1995, № 24, st. 189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

2. Grebin V.V. Pro naukovu shkolu hidrokhimii ta hidroekologii Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka [About the Scientific School of Hydrochemistry and Hydroecology of Taras Shevchenko Kyiv National University] // Hidrologhiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia. 2013. № 3(30). S. 112-116.

3. DSTU 3517–97. Hidrologhiia sushi. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat [Land hydrology. Terms and definitions of basic concepts]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 1997. 113 s.

4. Zahalna hidrologhiia: pidruchnyk [General Hydrology: textbook] / V.K. Khilchevskiy, O.G. Obodovskiy, V.V. Grebin et al. / Eds. V.K. Khilchevskiy, O.G. Obodovskiy. Kyiv: Kyivskiy universytet, 2008. 399 p.

5. Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo vprovadzhennia integrovanykh pidkhodiv v upravlinni vodnymi resursamy za baseinovym pryntsyptom» [Law of Ukraine "On Amendments to Some Legislative Acts of Ukraine Regarding the Implementation of Integrated Approaches to Water Resources Management According to the Basin Principle"]. VVR, 2016, № 46, st. 780. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19#Text>

6. Zakon Ukrainy «Pro hidrometeorologichnu diialnist» [Law of Ukraine "On hydrometeorological activity"]. VVR, 1999. № 16, st. 95. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-14#Text>

7. Osadchyi V.I., Khilchevskiy V.K., Manukalo V.O. Natsionalna hidrometeorologichna sluzhba v Ukraini – stolittia systemnykh sposterezhen ta prohnziv (1921-2021 roky) [National hydrometeorological service in Ukraine - century of system observations and forecasts (1921-2021)] // Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal. 2021. № 3. S. 3-11.

8. Pro rozroblennia natsionalnykh normatyvnykh dokumentiv Ukrainy u sferi hidrometeorologichnoi diialnosti [On the development of national regulatory documents of Ukraine in the field of hydrometeorological activity] / V.S. Maksymov, V.O. Manukalo, N.I. Shven et al.// Naukovi pratsi UkrGMI. 2016. Vol. 268. S. 103–107.

9. Universytetska hidrologichna nauka v Ukraini ta perspektyvy podalshoho yii rozvytku [University hydrological science in Ukraine and prospects for its further development] / Khilchevskiy V.K., Hopchenko Ye.D., Loboda N.S. et al. // Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal. 2017. № 19. S. 90–105.

10. Khilchevskiy V.K. Vodni ta zbroini konflikty – klasyfikatsiini oznaky: u sviti ta v Ukraini [Water and armed conflicts - classification features: in the world and in Ukraine] // Hidrologhiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia. 2022. № 1(63). S. 6-19. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>

11. *Khilchevskiy V.K.* Hidrokhimichniy slovnyk [Hydrochemical Dictionary]. Kyiv: DIA, 2022. 208 s.
12. *Khilchevskiy V.K.* Natsionalnii hidrometeorologichnii sluzhbi v Ukraini 100 rokiv: rol vypuskniv-hidrolohiv Kyivskoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka v yii diialnosti [The National Hydrometeorological Service in Ukraine is 100 years old: the role of hydrologist graduates of Taras Shevchenko Kyiv University in its activities] // *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2021. № 2(60). S. 49-73.
13. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.* Hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannia terytorii Ukrainy, zatverdzhene u 2016 r. – realizatsiia polozhen VRD YeS [Hydrographic and hydroeconomic zoning of Ukraine's territory, approved in 2016 - implementation of the WFD provisions] // *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*, 2017. №1(44). S. 8-20.
14. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V., Manukalo V.O.* Hidrolohichniy slovnyk [Hydrological Dictionary]. Kyiv: DIA, 2022. 236 s.
15. 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>
16. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32007L0060X>.
17. International Glossary of Hydrology. Genève: WMO, UNESCO, 2012. 461 p.
18. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V., Zabokrytska M.R.* Abiotic Typology of the Rivers and Lakes of the Ukrainian Section of the Vistula River Basin and its Comparison with Results of Polish Investigations // *Hydrobiological Journal*. 2019. Vol. 55. Is. 3. P. 95-102. DOI: 10.1615/HydrobJ.v55.i3.110.
19. *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. 2022. P. 240-250. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_101
20. *Manukalo V., Khilchevskiy V., Grebin V.* Training and Retraining Hydrologists for the Hydrometeorological Service of Ukraine: Present State and New Challenges. Virtual Poster Session for 14th WMO Symposium on Education and Training (SYMET-14), Nov. 22-25, 2021. <https://symet-14.virtualpostersession.org/>

First in Ukraine "Hydrological Dictionary" was published (2022)

Zabokrytska M.R.

The article presents and analyzes the explanatory "Hydrological Dictionary" published in 2022. Authors of the Dictionary: V.K. Khilchevskiy, V.V. Grebin (Taras Shevchenko National University of Kyiv), V.O. Manukalo (Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine). Hydrology is the science of the hydrosphere, which studies its properties, dynamics and interaction with other elements of the geographic envelope of the Earth. According to the objects under study, it is divided into hydrology. surface waters (or land hydrology), hydrology of oceans and seas (oceanology). In turn, the hydrology of surface waters is the hydrology of rivers (the study of rivers) and the hydrology of lakes (lake science or limnology). In water bodies, the following is studied: the dynamics of water masses (currents, waves, infiltration and other processes); dynamics of their bed (formation of banks and bottom of water bodies, channel processes, erosion, transport and sedimentation); thermal processes (heat exchange, heat balance, evaporation, water balance) and aggregate states of water (ice phenomena, snow cover), chemical and biological processes. The hydrology of groundwater (hydrogeology), the hydrology of soils, the hydrology of glaciers (glaciology) and the hydrology of swamps are also distinguished.

Due to the commonality of the processes occurring in water bodies, along with the object-wise division of hydrology, it is often divided according to the processes studied into water dynamics, hydrophysics, hydrochemistry, and hydrobiology. Since these processes in each of the water bodies have their own characteristics, object disciplines have been developed in hydrology, including the study of a complex of issues in water dynamics, hydrophysics, hydrochemistry and hydrobiology.

Since an ever wider range of specialists are involved in this area, including those who deal with the topical problem of the use, protection and reproduction of water resources, the issues of unification of hydrological terminology are becoming important. This goal is dedicated to the "Hydrological Dictionary", which is the first in Ukraine scientific reference publication of this direction. The Dictionary includes more than 1600 terms and concepts that are widely used in the scientific literature on hydrology, as well as a number of terms in related scientific disciplines related to hydrology (hydrochemistry, geography, meteorology, geology, hydrogeology, hydrobiology, etc.).

When working on the Dictionary, significant scientific and methodological experience of the scientific school of the Department of Hydrology and Hydroecology of the Faculty of Geography of Taras Shevchenko National University of Kyiv was used.

The dictionary is designed for students of universities specializing in "Earth Sciences" of educational programs in the hydrological profile. The dictionary will be useful to specialists in the field of hydrology, hydroecology, hydrochemistry, hydrogeology, geography.

Key words: hydrological dictionary, land hydrology, water monitoring, Ukraine.

Надійшла до редколегії 23.08.2022

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

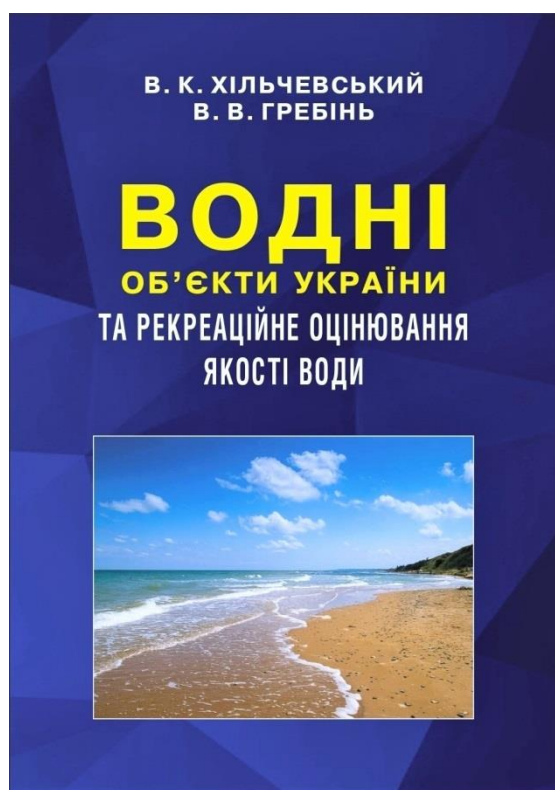
Любіцева О.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОПУБЛІКОВАНО ОРИГІНАЛЬНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК «ВОДНІ ОБ'ЄКТИ УКРАЇНИ ТА РЕКРЕАЦІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ» (2022 р.)

Проаналізовано зміст навчального посібника «Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води», виданий професорами Київського національного університету імені Тараса Шевченка В.К. Хільчевським та В.В. Гребінем у 2022 р. У навчальному посібнику, який є першою розробкою такого спрямування в Україні, наведено спеціальну характеристику водних об'єктів України, що дає уяву про їхній рекреаційний потенціал. Розглянуто рекомендації ВООЗ щодо якості рекреаційної води та створення планів безпеки рекреаційної води, директива ЄС щодо управління якістю води для купання, особливості нормативного оцінювання якості води для рекреаційних цілей в Україні. Навчальний посібник призначено для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Управління та екологія водних ресурсів» спеціальності 103 «Науки про Землю»; він може бути корисним для студентів інших освітніх програм, які вивчають різні аспекти рекреаційного використання водних об'єктів.

Ключові слова: водні об'єкти, рекреаційне використання, якість води, облаштування пляжів, Україна.



У серпні 2022 р. у видавництві «ДІА» вийшов навчальний посібник – «Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води» [10]. Його авторами є вчені Київського національного університету імені Тараса Шевченка:

Хільчевський Валентин Кирилович – доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, почесний працівник гідрометслужби України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, завідувач кафедри гідрології та гідроекології (2000-2019 рр.) географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, від 2019 р. – професор кафедри гідрології та гідроекології;

Гребінь Василь Васильович – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (від 2019 р.). В 1992–2019 рр. – асистент, доцент, професор цієї кафедри.

Навчальний посібник, що розглядається, складається з 13 розділів: 1) Річки; 2) Озера; 3) Лимани; 4) Водосховища; 5) Стави; 6) Канали; 7) Підземні води; 8) Водні джерела; 9) Моря; 10) Водні ресурси; 11) Оцінювання якості води водних об'єктів для різних цілей; 12) Оцінювання якості рекреаційного водного середовища; 13) Облаштування, моніторинг та екологічна сертифікація пляжів на рекреаційних водних об'єктах.

Варто відзначити, що в 2022 р. за участі авторів даного навчального посібника були видані тлумачні словники – «Гідрохімічний словник» [4] та «Гідрологічний словник» [13], до яких увійшли терміни, що стосуються оцінювання якості водного середовища для рекреаційних цілей.

Водні об'єкти України. Автори навчального посібника наголошують, що водні об'єкти України є складовими її водного фонду. Згідно зі статтею 3 Водного кодексу

України [1] до водного фонду України належать: 1) поверхневі води: водотоки (річки, струмки); природні водойми (озера); штучні водойми (водосховища, стави); канали; інші водні об'єкти; 2) підземні води та джерела; 3) внутрішні морські води та територіальне море.

Кількісна характеристика природних та штучних поверхневих водних об'єктів на території України має наступний вигляд: 63119 річок; бл. 20 тис. озер; 1054 водосховища; 50793 - стави; 6 крупних каналів [3, 7-9, 11, 12].

Важливість використання води в рекреаційних цілях у ХХІ ст. ставиться в один ряд з господарсько-питним та промисловим водопостачанням, а також для цілей сільського господарства, енергетики.

Рекреаційне водокористування не передбачає спеціального забору води. Але, як прийнято в практиці водного господарства деяких країн, якщо у водосховищі для забезпечення дозвілля (плавання на човнах, рибна ловля, купання тощо) підтримується рівень води вищий, ніж зазвичай, то цей об'єм води відносять до категорії рекреаційних вод. При цьому, дотримання такого гідрологічного режиму може вступати в протиріччя з інтересами інших водокористувачів – потребами аграріїв (вода для зрошення), гідроенергетиків.

Інший приклад можна навести по Україні – забір води з Чорного моря для поповнення морською водою лиманів Причорномор'я, які використовуються в бальнеологічних цілях, для підтримання рівня води.

Якість води, яка визначається в першу чергу наявністю або відсутністю шкідливих для здоров'я людини мікроорганізмів, та гідрологічні параметри є основними показниками стану водних об'єктів, що використовуються в рекреаційних цілях.

У світі приділяють значну увагу питанням рекреаційних вод. Так, в Європейському Союзі діє директива 2006/7/ЕС щодо управління якістю води для купання (2006) [17], в США прийнято закон про оцінку стану пляжів та охорону прибережних районів (2000). Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) при ООН періодично видає рекомендації щодо якості рекреаційної води (2021) [18].

На жаль, в Україні на сьогодні нормативна база з питання рекреаційних вод в такій мірі ще не розвинена. Статистика водокористування в державі ведеться за основними категоріями: господарсько-питне, промислове і сільськогосподарське.

Як позитивний факт можна відзначити імплементацію в Україні положень Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/ЕС), яка відбулася в 2016 р. прийняттям закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» і внесенням до «Водного кодексу України» (1995) цілої низки нових положень. В цілому, дотримання цих нововведень дасть змогу покращити якість води у водних об'єктах, в тому числі і в рекреаційному контексті.

У навчальному посібнику наведено характеристику водних об'єктів України, яка дає уяву про їхній рекреаційний потенціал, оцінено водні ресурси, наведено сучасні методичні підходи до нормативного оцінювання якості води водних об'єктів для рекреаційних та інших цілей, що є актуальним питанням у зв'язку зі змінами нормативної бази, особливо протягом 2016-2019 рр.

Поняття про рекреаційне водне середовище. Терміни «рекреаційне водне середовище», «рекреаційні води» використовуються в англійській літературі та англійських нормативних документах, а в публікаціях українських авторів вони вперше зустрічаються в статті В.К. Хільчевського в 2021 р. [6].

Під прибережним рекреаційним середовищем або прісноводним рекреаційним середовищем 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 води».

Наприклад, Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA USA) у своїх щорічних звітах у главі «Води» поряд з розділами «Поверхневі прісні води», «Підземні

води», «Прибережні (морські) води» «Питна вода» вміщує розділ «Рекреаційні води». Аналіз цих звітів показує, що Агентство застосовує рекомендації ВООЗ, направлені для використання національними органами. При оцінюванні стану рекреаційних вод, зосереджуються на фізичних, хімічних та біологічних характеристиках, що визначають здатність водних об'єктів підтримувати рекреаційну діяльність. Ці підходи широко варіюються залежно від виду діяльності, але поділяються на дві основні категорії: здоров'я людини та стан екологічної системи.

Рекомендації ВООЗ щодо якості рекреаційної води, які розглядаються в навчальному посібнику. У 2021 р. Всесвітня організація охорони здоров'я опублікувала «Рекомендації щодо якості рекреаційної води: Том 1. Прибережні і прісні води» [18], що 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. 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 ВООЗ 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.

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

ВООЗ також звертає увагу на небезпеки для особливо сприйнятливих людей і груп. 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 [14].

Плани безпеки рекреаційної води. Значна увага в 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 чи регіональні органи охорони здоров'я. У деяких

юрисдикціях агентства з охорони довкілля 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.

Характеристика Директиви щодо управління якістю води для купання в ЄС.

В Європейському Союзі діє «Директива щодо управління якістю води для купання» (2006/7/ЕС) [17]. 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 щодо купання. 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 захист здоров'я людини в доповнення до Водної рамкової директиви 2000/60/ЕС. Директива 2006/7/ЕС складається з чотирьох розділів [17].

Особливості нормативного оцінювання якості води для рекреаційних цілей в Україні. Автори посібника наголошують, що за останні роки в Україні відбулося багато змін, які стосуються як моніторингу вод, так і нормативної бази оцінювання якості води для різних цілей, що зумовлено курсом на інтеграцію з методичними підходами у цій сфері в Європейському Союзі. Значним стимулом цього процесу стало підписання в 2014 р. Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, що зумовило реформування багатьох сфер діяльності, в тому числі й пов'язаної з управлінням водними ресурсами та їхньою якістю. Детально це питання розглянуто в публікації щодо методів оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014-2021 рр.) [5].

Важливою особливістю нормування якості води для різних цілей на сучасному етапі стало те, що з 1 січня 2017 р. скасовано чинність актів санітарного законодавства УРСР та СРСР. Тому, приступаючи до оцінювання якості води для гігієнічних цілей, варто керуватися розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства» від 20.01.2016 р. № 94-р, яким визнано такими, що не застосовуються на території України, акти санітарного законодавства, видані центральними органами виконавчої влади УРСР та СРСР, в тому числі санітарні правила і норми. У 2017 р. ліквідовано Державну санітарно-епідеміологічну службу (постанова Кабінету Міністрів України від 29 березня 2017 р. № 348). Виконання її функцій забезпечують МОЗ, Держслужба з питань праці та Держпродспоживслужба.

В 2022 р. в Україні були затверджені «Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення» (наказ МОЗ України від 02.05.2022 р. № 721) [2]. Нормативним оцінюванням якості води водного об'єкта для рекреаційних цілей є гігієнічне, яке включає блок мікробіологічних показників [15]. При цьому, екологічне оцінювання якості води водного об'єкта має допоміжне значення.

Міжнародна програма екологічної сертифікації пляжів «Блакитний прапор».

У навчальному посібнику наголошується, що поряд з нормативним оцінюванням стану пляжів з боку контролюючих державних органів у світі розвивається система міжнародної добровільної екологічної сертифікації пляжного господарства. До них належить програма «Blue Flag» («Блакитний прапор») міжнародного Фонду екологічної освіти – ФЕО (Foundation for Environmental Education – FEE), який є неурядовою некомерційною організацією зі сприяння сталому розвитку через екологічну освіту [16].

Програма зародилася в 1985 р. у Франції, а вже в 1987 р. ФЕОЄ (Фонд екологічної освіти в Європі) представив її Європейській Комісії. У 2001 р. фонд став всесвітньою ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. № 3 (65)**

організацією (ФЕО). Станом на 2021 р. його членами є 77 екологічних організацій з десятків країн світу. ФЕО співпрацює з Програмою ООН з довкілля (UNEP) та Всесвітньою туристичною організацією (UNWTO).

Метою програми «Блакитний прапор» є забезпечення сталого розвитку пляжного господарства і яхтово-катерних стоянок за допомогою впровадження жорстких критеріїв стосовно якості води, екологічного просвітництва та екологічного менеджменту.

В 2021 р. було відзначено 4831 пляж та яхтово-катерних стоянок у 50 країнах. Пляжі, які отримали «Блакитний прапор», вносяться в перелік Всесвітньої туристичної організації, як рекомендовані для відвідування. Україна підключилася до участі в програмі «Блакитний прапор» в 2010 р. А в 2021 р. вже 19 українських пляжів були відзначені сертифікатом «Блакитний прапор» [14].

Висновки

1). Навчальний посібник «Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води» (автори - В.К. Хільчевський та В.В. Гребінь), виданий в 2022 р., є оригінальним науково-методичним виданням, в якому вперше в Україні на професійній основі наведено характеристику водних об'єктів з позицій їхнього рекреаційного потенціалу та викладено методичні підходи до оцінювання якості води, облаштування пляжів, екологічної сертифікації.

2) Автори використали значний досвід наукової школи гідрології, гідрохімії та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка, представниками якої вони є. У розробці також вміло використано світовий досвід.

3). Навчальний посібник розраховано на студентів закладів вищої освіти спеціальності «Науки про Землю» освітньої програми «Управління та екологія водних ресурсів». Він буде корисним й для інших освітніх програм, на яких вивчають різні аспекти рекреаційного водокористування, а також фахівцям в галузі туризму.

Список літератури

1. Водний кодекс України. ВВР, 1995, № 24, ст. 189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. Затверджено наказом МОЗ України від 02.05.2022 р. № 721 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>
3. Гребінь В.В., Хільчевський В.К. Ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі України та застосування типології річок Водної рамкової директиви ЄС на сучасному етапі // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2016. № 2 (41). С. 32–47.
4. Хільчевський В.К. Гідрохімічний словник. К.: ДІА, 2022. 208 с.
5. 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.
6. Хільчевський В.К. Оцінювання якості рекреаційного водного середовища: світові підходи, рекомендації ВООЗ, директива ЄС щодо води для купання // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 4(62). С. 6–17.
7. Хільчевський В.К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1 (59). С. 17–27.
8. Хільчевський В.К. Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1 (59). С. 6–16.
9. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Великі і малі водосховища України: регіональні та басейнові особливості поширення // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 2 (60). С. 6-19.
10. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води: навч. посібник. К.: ДІА, 2022. 240 с.
11. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 1 (44). С. 8–20.
12. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Сучасна гідрографічна характеристика ставків в Україні – регіональні і басейнові аспекти // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 3 (58). С. 20–30.
13. Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Манукало В.О. Гідрологічний словник. К.: ДІА, 2022. 236 с.
14. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р. Облаштування, моніторинг та екологічна сертифікація пляжів на рекреаційних водних об'єктах // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 2(64). С. 40–52.

15. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р. Особливості нормативного оцінювання якості води водних об'єктів для рекреаційних цілей в Україні // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 1(63). С. 40–53.
16. Blue Flag. Official website. URL: <https://www.blueflag.global/>
17. 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>
18. Guidelines on Recreational Water Quality. Vol. 1. Coastal and Fresh Waters.. Geneva: World Health Organization; 2021. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/342625>

Reference

1. Vodnyi kodeks Ukrainy [Water Code of Ukraine]. VVR, 1995, № 24, st. 189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Hihienichni normatyvy yakosti vody vodnykh ob'ektiv dlia zadovolennia pytnykh, hospodarsko-pobutovykh ta inshykh potreb naselennia [Hygienic water quality standards of water bodies to meet drinking, household and other needs of the population]. Zatverdzheno nakazom MOZ Ukrainy vid 02.05.2022 r. № 721. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>
3. Hrebin V.V., Khilchevskiy V.K. Retrospektyvnyi analiz doslidzhen richkovoї merezhi Ukrainy ta zastosuvannia typolohii richok Vodnoi ramkovoї dyrektyvy YeS na suchasnomu etapi [Retrospective analysis of studies of the river network of Ukraine and the application of the river typology of the EU Water Framework Directive at the current stage] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2016. № 2 (41). S. 32–47.
4. Khilchevskiy V.K. Hidrokhimichni slovnyk [Hydrochemical dictionary]. Kyiv: DIA, 2022. 208 s.
5. Khilchevskiy V.K. Monitorynh vod v Ukraini: metody otsiniuvannia yakosti vody dlia riznykh tsilei u zviazku zi zminamy normatyvnoi bazy (2014-2021 rr.) [Water monitoring in Ukraine: methods of water quality assessment for various purposes in connection with changes in the regulatory framework (2014-2021)] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2021. № 3(61). S. 6–19.
6. Khilchevskiy V.K. Otsiniuvannia yakosti rekreatsiinoho vodnoho seredovyscha: svitovi pidkhody, rekomendatsii VOOZ, dyrektyva YeS shchodo vody dlia kupannia [Assessment of the quality of the recreational water environment: global approaches, WHO recommendations, the EU directive on bathing water] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2021. № 4(62). S. 6–17.
7. Khilchevskiy V.K. Suchasna kharakterystyka poverkhnevyykh vodnykh ob'ektiv Ukrainy: vodotoky ta vodoimy [Modern characteristics of surface water bodies of Ukraine: watercourses and reservoirs] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2021. № 1 (59). S. 17–27.
8. Khilchevskiy V.K. Kharakterystyka vodnykh resursiv Ukrainy na osnovi bazy danykh hlobalnoi informatsiinoi systemy FAO Aquastat [Characteristics of water resources of Ukraine based on the database of the global information system FAO Aquastat] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2021. № 1 (59). S. 6–16.
9. Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V. Velyki i mali vodoskhovyshcha Ukrainy: rehionalni ta baseinovi osoblyvosti poshyrennia [Large and small reservoirs of Ukraine: regional and basin features of distribution] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2021. № 2 (60). С. 6-19.
10. Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V. Vodni ob'ekty Ukrainy ta rekreatsiine otsiniuvannia yakosti vody [Water bodies of Ukraine and recreational assessment of water quality]. Kyiv: DIA, 2022. 240 s.
11. Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V. Hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannia terytorii Ukrainy, zatverdzhene u 2016 r. – realizatsiia polozhen VRD YeS [Hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine, approved in 2016 - implementation of the provisions of the EU WFD] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2017. № 1 (44). С. 8–20.
12. Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V. Suchasna hidrografichna kharakterystyka stavkiv v Ukraini – rehionalni i baseinovi aspekty [Modern hydrographic characteristics of ponds in Ukraine - regional and basin aspects] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2020. № 3 (58). S. 20–30.
13. Khilchevskiy V.K., Hrebin V.V., Manukalo V.O. Hidrolohiichni slovnyk [Hydrological dictionary]. Kyiv: DIA, 2022. 236 s.
14. Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R. Oblashtuvannia, monitorynh ta ekolohichna sertyfikatsiia pliazhiv na rekreatsiinykh vodnykh ob'ektakh [Arrangement, monitoring and environmental certification of beaches on recreational water bodies] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2022. № 2(64). S. 40–52.
15. Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R. Osoblyvosti normatyvnoho otsiniuvannia yakosti vody vodnykh ob'ektiv dlia rekreatsiinykh tsilei v Ukraini [Peculiarities of regulatory assessment of water quality of water bodies for recreational purposes in Ukraine] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2022. № 1(63). S. 40–53.
16. Blue Flag. Official website. URL: <https://www.blueflag.global/>
17. 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>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32006L0007>

18. Guidelines on Recreational Water Quality. Vol. 1. Coastal and Fresh Waters.. Geneva: World Health Organization; 2021. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/342625>

Original textbook "Water bodies of Ukraine and recreational assessment of water quality" was published

Lyubitseva O.O.

The content of the textbook "Water bodies of Ukraine and Recreational Water Quality Assessment" published by Taras Shevchenko Kyiv National University professors Valentyn Khilchevskiy and Vasyl Grebin in 2022 was analyzed. The textbook, which is the first of its kind in Ukraine, describes water bodies objects of Ukraine, which gives an idea of their recreational potential. The book examines WHO recommendations on recreational water quality and the creation of recreational water safety plans, the EU directive on bathing water quality management, and features of regulatory assessment of water quality for recreational purposes in Ukraine.

Quantitative characteristics of natural and artificial surface water bodies on the territory of Ukraine are as follows: 63,119 rivers; about 20 thousand lakes; 1054 reservoirs; 50793 - ponds; 6 large channels. The importance of the use of water for recreational purposes in the 21st century is put on a par with the economic and drinking and industrial water supply, as well as for the purposes of agriculture and energy.

The WHO recommendations on recreational water quality, which are discussed in the training manual, are aimed at protecting public health through the safe management of water quality for recreational purposes, in particular: establishing national health targets for recreational waters, which include: microbial content (from fecal pollution); cyanotoxins (from harmful algal blooms); if necessary - other microbial hazards, beach sand and chemicals; development and implementation of recreational water safety plans (RWPS) for priority bathing places; carrying out constant surveillance and informing about the risks of diseases associated with recreational water and timely provision of information about health risks to the public.

The training manual emphasizes that along with the normative assessment of the state of beaches by controlling state bodies, a system of international voluntary environmental certification of beach management is developing in the world. The "Blue Flag" program belongs to them.

In 2021, 4,831 beaches and marinas in 50 countries received the Blue Flag. Beaches that received the "Blue Flag" are included in the list of the World Tourism Organization as recommended for visiting. Ukraine joined the Blue Flag program in 2010. And in 2021, 19 Ukrainian beaches were awarded the Blue Flag certificate.

Key words: water bodies, recreational use, water quality, arrangement of beaches, Ukraine.

Надійшла до редколегії 23.08.2022

**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;
- анотація англійською.

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

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

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

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

Оформлення рукопису статті:

- обсяг статті - до 14 стор. (основний текст, таблиці, рисунки, список літератури, анотації); матеріал обсягом менше 4 стор. – наукові повідомлення;
- шрифт Arial, кегль 11, Word 6-8;
- поля - всі по 2.5 см; інтервал – 1, абзац – 1,00;

- виділення шрифтами «титольної» частини статті:
УДК - кегль 11;
через інтервал - прізвище, ініціали автора – кегль 11, напівжирний, *нахилений*;
назва установи - кегль 10, *нахилений*;
через інтервал - назва статті (кегль 11, напівжирний, прописними);
через інтервал - анотація українською (мовою оригіналу) - кегль 9, *нахилений*;
через інтервал - ключові слова - кегль 9, *нахилений*;
через інтервал – основний текст статті (кегль 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» (кегль 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 miskyykh ahlomeratsii – mizhnarodnyi ta ukraïnskyi dosvid [Hydroecological problems of rivers revitalization on the urban ares - international and Ukrainian experience]. Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekologhii. 2017. № 2(45). S. 6-13.

Анотація англійською мовою розташовується після «References» через один інтервал. Анотація подається за схемою:

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

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

Приклад оформлення реферату статті:

УДК 556.012 556.522

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

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

Іл. 2. Табл. 3. Бібліогр.: 12 назв.

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

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

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

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Періодичний науковий збірник

2022 рік

№ 3 (65)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – Москаленко С.О.

Підписано до друку 21.09.2022
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Arial. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 100 прим. Зам. № 52-014.



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

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 3 (65)