

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
№ 3 (50)

Київ
2018

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. 2018. № 3 (50). 104с.

HIDROLOHIIA, HIDROKHIIMIIA I HIDROEKOLOHIIA:

The scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2018. № 3 (50). 104 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, гідрохімія і гідроекологія” засновано у травні 2000 р.
- Зареєстровано Міністерством юстиції України 8 жовтня 2009 р. (наказ № 1806/5).
- Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 15819-4291Р від 8 жовтня 2009 р.
- Наказом Міністерства освіти і науки України № 515 від 16.05.2016 р. включено до переліку наукових фахових видань України за галуззю «Географічні науки».
- **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
імені Тараса Шевченка
(17 жовтня 2018 р., протокол № 3)*

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, 2018

ISSN:2306-5680 **Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia. 2018. № 3 (50)**

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

Гандзюра Владимир Петрович, доктор біологічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

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

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

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

Осадчий Володимир Іванович, доктор географічних наук, член-кореспондент НАН України, *Український гідрометеорологічний інститут*

Осадча Наталія Миколаївна, доктор географічних наук, *Український гідрометеорологічний інститут*

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

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

Тімченко Володимир Михайлович, доктор географічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*

Шищенко Петро Григорович, доктор географічних наук, член-кореспондент НАПН України, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Щербак Володимир Іванович, доктор біологічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

Цюпа Тадеуш, доктор габілітований, *Інститут географії Університету Яна Кохановського в Кельцах (Польща)*

Мельничук Орест Миколайович, доктор географічних наук, *Інститут Екології та Географії Академії Наук Молдови*

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

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

З М І С Т

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Даус М.Є., Кічук Н.С., Романчук М.Є., Шакірзанова Ж.Р.

Динаміка мінералізації і вмісту головних іонів у поверхневих водах басейну Дніпра за період 1990-2015 роки 6

Линник П.Н., Скоблей М.П., Жежеря В.А.

Концентрация и особенности распределения тяжелых металлов среди различных фракций взвешенных веществ в реках бассейна Тисы в зависимости от способа их извлечения 23

Морозова А.А.

Сезонная изменчивость неорганических форм азота и фосфора в водоемах Шацкого НПП..... 31

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Морозова А.О., Дьяченко Т.М.

Екологічний стан малої урбанізованої водойми оз. Небриж за деякими гідрохімічними та гідробіологічними показниками..... 38

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Щеглов О.А.

Зимові синоптичні процеси при аномально-високих температурах повітря в Україні..... 45

Шпиг В.М., Заблоцька Т.М., Гуда К.В.

Інструментальні дослідження мікрофізичних характеристик фронтальних хмарних систем: сучасний стан питання..... 53

Заблоцька Т.М., Кривобок О.А., Шпиг В.М.

Водоресурси фронтальних хмарних систем за даними супутникових спостережень у теплий період року..... 66

Швень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О., Герасименко І.В.

Уточнення методики критичного контролю температури ґрунту на глибинах..... 72

НАУКОВІ ПОВІДОМЛЕННЯ

Забокрицкая М.Р.

Оценка, прогнозирование и оптимизация состояния водных экосистем – работа, удостоенная Государственной премии Украины 2017 года 83

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника

“Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”..... 101

CONTENTS

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Daus M.E., Kichuk N.S., Romanchuk M.E., Shakirzanova Zh.R.

Dynamics of mineralization and the content of the main ions in the surface waters of the Dnieper basin for the period of 1990-2015..... 6

Linnik P.N., Skobley M.P., Zhezherya V.A.

Concentration and features of heavy metal distribution among various fractions of suspended solids in the rivers of the Tisza River basin depending on the method of their extraction..... 23

Morozova A.A.

Seasonal variability of inorganic forms of nitrogen and phosphorus in the reservoirs of the Shatsk NPP..... 31

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

Morozova A.A., Dyachenko T.N.

Ecological condition of a small urbanized lake pond. Nebridge on some hydrochemical and hydrobiological indicators 38

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

Shcheglov O.A.

Winter synoptic processes with extreme high air temperatures in Ukraine 45

Shpyg V.M., Zabolotska T.M., Huda K.V.

Instrumental researches of microphysical characteristics of frontal cloud systems: the modern state of problem..... 53

Zabolotska T.M., Kryvobok O.A., Shpyg V.M.

Liquid-water content of frontal cloud systems estimated from satellite data during warm period of year..... 66

Shven N., Mytnyk T., Galperina T., Gerasimenko I.

Revision of method of critical control of temperature of soil on depths..... 72

SCIENTIFIC REPORTS

Zabokrytska M.R.

Assessment, forecasting and optimization of the state of water ecosystems - work awarded the State Prize of Ukraine in 2017..... 83

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

101

УДК 556.55

Даус М.Є., Кічук Н.С., Романчук М.Є., Шакірзанова Ж.Р.

Одеський державний екологічний університет

ДИНАМІКА МІНЕРАЛІЗАЦІЇ І ВМІСТУ ГОЛОВНИХ ІОНІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ БАСЕЙНУ ДНІПРА ЗА ПЕРІОД 1990-2015 РОКИ

Ключові слова: мінералізація, головні іони, поверхневі води, багаторічні зміни.

Вступ. Проблема гіdroхімічного і екологічного стану водноресурсного потенціалу залишається до сьогодні актуальною для всіх регіонів України. Практично всі поверхневі і значна частина підземних водних ресурсів, особливо в районах розміщення потужних промислових та сільськогосподарських комплексів, відчувають сильний антропогенний вплив, що проявляється у забрудненні, виснаженні й деградації цих об'єктів. Значні об'єми використання води в економічній діяльності, зростання скидів забруднених вод у поверхневі водойми – основні чинники антропогенного навантаження на поверхневі водні ресурси [1].

Вплив господарської діяльності має значний вплив і на води р. Дніпро, яка є основним джерелом водопостачання великих промислових центрів України.

Дніпро – одна з найбільших річок Європи. Водозбір Дніпра оцінюють величиною 504 тис. км² [1]. Басейн розташований у межах трьох країн – Росії, Білорусії та України, де знаходиться 58% його території та охоплює 48% території держави [2].

Дніпро зазвичай поділяють на три частини [1]: Верхній Дніпро – від витoku до м.Київ; Середній Дніпро – від м. Київ до м. Запоріжжя і Нижній Дніпро – від м.Запоріжжя до гирла.

В межах районування території України згідно вимог Водної Рамкової Директиви (Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики) [3], авторами [4] було виділено 4 суббасейни в басейні р. Дніпро (в межах України) з притоками – Прип'яті, Десни, Середнього Дніпра та Нижнього Дніпра. На даний час згідно Наказу від 03.03.2017 №103 «Про затвердження Меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» [5] територія Дніпра поділяється на 5 частин, включаючи, крім перелічених, суббасейн Верхнього Дніпра (р. Дніпро від державного кордону до початку Київського водосховища (включаючи р. Сож у межах України).

Визначення гіdroхімічних характеристик вод річки Дніпро є важливою прикладною задачею, яка поставлена загальнодержавною програмою [6] по екологічному оздоровленню Дніпра, і спрямована на розроблення системи заходів та механізмів їх впровадження з метою екологічного відродження річки Дніпро та її приток.

Крім того згідно вимог законодавчої бази Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС відносно Плану управління річковим басейном Дніпра (в межах України) [3] щодо забезпечення досягнення поверхневими водними об'єктами доброго екологічного та хімічного стану необхідним є аналіз гіdroхімічного режиму річок

басейну для виконання дій, спрямованих на покращення гідроекологічної ситуації в басейні.

Гідрохімічний режим річок формується під впливом природних умов та господарської діяльності на водозборі, проявляється у вигляді багаторічних, сезонних і добових коливань концентрації компонентів хімічного складу і показників фізичних властивостей води, рівня забрудненості води тощо [7]. З іншого боку, географічні особливості природних умов формування гідрохімічного режиму річок та антропогенне навантаження в межах басейну Дніпра мають значний вплив на його трансформацію, на значні зміни в кількісному та якісному стані поверхневих вод. Останні призводять до втрати водними екосистемами їх відновлювальної та очисної спроможності, обмежень при використанні водних ресурсів.

Отже питання дослідження динаміки багаторічних змін мінералізації та вмісту головних іонів в річкових водах басейну Дніпра (в межах України) залишається нагальним та актуальним.

Стан питання. Загальні основи вивчення хімічного складу річкових вод на території колишнього СРСР заклали О.О. Алєкін у 50-х роках ХХ ст. В роботі «Основи гідрохімії» [8] ним показана єдність хімічних процесів, що протікають в усіх природних водах, та їхня системна обумовленість складним комплексом природних та антропогенних факторів.

Починаючи з 50-60 років ХХ ст., в Україні розвивалася наукова школа гідрохімічних досліджень в Інституті гідробіології НАН України. В 1979 р. була опублікована монографія О.І. Денисової, присвячена формуванню гідрохімічного режиму дніпровських водосховищ [9], пізніше колективна монографія з гідролого-гідрохімічною тематикою по Дніпру і його водосховищах [10].

У 70-і роки ХХ ст. зародилася гідрохімічна школа в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. В 1975 р. В.І. Пелешенко в роботі, присвяченій оцінці взаємозв'язку хімічного складу різних типів природних вод, застосовував ландшафтно-генетичний метод для гідрохімічного вивчення території України, запропонував районування гідрохімічних показників на основі фізико-географічних областей [11], з колегами розробив методи гідрохімічного картографування природних вод України [12]. В 1995 р. опубліковано фундаментальне узагальнення Л.М. Горєва, В.І. Пелешенка, В.К. Хільчевського «Гідрохімія України», в якому наведено характеристику хімічного складу атмосферних опадів, поверхневих вод (річки, озера, водосховища і ставки), підземних і морських вод (Чорне та Азовське моря) [13]. Відповідно, розгорнуту характеристику наведено по басейну Дніпра.

Значну увагу приділялася як вивченню сумарного антропогенного впливу на хімічний склад річкових вод басейну Дніпра [14], так і диференційованій оцінці впливу окремих його видів. Так, В.К. Хільчевським у 1995-1996 роках у роботах, присвячених вивченню ролі агрохімічних засобів у формуванні якості річкових вод басейну Дніпра, було закладено основи агрогідрохімічного напрямку досліджень [15, 16, 17]. Ним було розроблено й застосовано геосистемно-гідрохімічний метод для вивчення хімічного складу і стоку різних типів природних вод, виносу сполук азоту, фосфору і пестицидів з елементарних водозборів водобалансових станцій у різних природних зонах. Актуальність цих досліджень підтверджується й сьогодні необхідністю реалізації у сфері охорони вод в Україні положень так званої «нітратної» директиви Європейського Союзу. Крім того, у 2003 р. вченим було розроблено класифікацію природних вод за мінералізацією, г/дм³: помірно прісні - 0,1-0,6; прісні з підвищеною мінералізацією - 0,6-1,0; слабосолоні - 1,0-3,0; середньосолоні - 3,0-15,0; солоні - 15-35; сильно солоні - 35-50; розсоли > 50 [18].

Під керівництвом В.К. Хільчевського у 2000-і роки представники гідрохімічної школи Київського університету (М.І. Ромась, В.М. Савицький, С.М. Курило, І.М.

Ромась, О.В. Чунар'ов, Р.Л. Кравчинський та ін.) розвивали дослідження з гідрохімії регіональних басейнових систем, серед яких чільне місце займав як басейн Дніпра в цілому, так і басейни окремих його притоків. Було досліджено закономірності просторового і часового розподілу гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) та виконано районування за цими показниками [19]. Також окремі монографічні роботи вийшли по гідрохімії правобережних притоків Дніпра – басейнах Росі [20, 21], Горині [22], Інгульця [23], а також лівобережних притоків (басейнах Сули, Псла, Ворскли) [24]. Отримані матеріали були використані при написанні сучасного підручника «Основи гідрохімії» [7]. Також розроблялися питання оцінки якості річкових вод басейну Дніпра [25], багаторічної трансформації хімічного складу його вод [26].

Питаннями дослідження гідрохімічних систем, які стосувалися і басейну Дніпра, займався С.І. Сніжко [27, 28].

Серед сучасних публікацій слід відзначити роботу В.К. Хільчевського, С.М. Курила та Н.П. Шерстюк по гідрохімії різних типів природних вод України, в якій автори характеризують і басейн Дніпра [29]. Зокрема, автори зазначають, що для хімічного складу води малих і середніх річок України спостерігається гідрохімічна зональність при збільшенні мінералізації річкових вод у напрямку з північного заходу (від 200 – 300 мг/дм³) на південний схід території країни (до 1500 – 3000 мг/дм³ і більше). Склад вод змінюється в тому ж напрямку від гідрокарбонатного кальцієвого до хлоридного натрієвого. У хімічному ж складі підземних вод на території України встановлена вертикальна гідрохімічна зональність.

Починаючи з 90-х років ХХ ст. гідрохімічні дослідження отримали свій розвиток в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України (УкрГМІ). В.І. Осадчий з колегами поглибили уявлення про процеси формування хімічного складу поверхневих вод, про закономірності гідрохімічного режиму річок, зокрема і в басейні Дніпра [7, 30, 31]. У наш час вчені УкрГМІ значну увагу приділяють дослідженню ресурсів та якості поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін [32].

Дослідження з гідрохімії водних об'єктів територій, які особливо відчувають антропогенний тиск, виконуються на кафедрі гідрометеорології та геоекології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Так, у монографії Н.П. Шерстюк та В.К. Хільчевського [33] охарактеризовано особливості хімічного складу води у водоймах-хвостосховищах, ставках-накопичувачах шахтних вод, ставках Кривбасу та у річках Саксагань та Інгулець.

Дослідження гідрохімічного режиму та оцінка якості поверхневих вод окремих водних об'єктів басейну Дніпра виконувалися вченими Одеського державного екологічного університету. Так, Н.С. Лобода та В.В. Пилип'юк [34-37] описали динаміку хімічного складу води річок Псел і Ворскла по довжині та надали оцінку її якості по рівню використання вод у транскордонній зоні «Росія-Україна». У статті [38] І.О. Шахман та Н.С. Лободи наведено результати оцінки якості води за гідрохімічними показниками у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за період спостереження 2001–2014 рр. на основі сучасних розрахункових методик. Установлено, що води за якісними показниками переважно “брудні”, “дуже брудні” або “катастрофічно брудні”, екологічний стан річки охарактеризований як екологічний регрес.

Аналіз гідрохімічних показників та оцінка якості річкових вод здійснено в роботах М.Є. Даус [39] – у басейні річки Прип'ять; М.Є. Даус, Н.С. Лобода, Ю.Л. Дичеренко [40], М.Є. Даус, Д.В. Лужанська [41] – у басейні річки Десна. М.Є. Даус, Н.В. Кликач оцінили якість води у басейні р. Сула у роки різної водності [42], показано, що у багатоводні роки якість води покращується.

Постановка завдання та вихідні матеріали. Метою досліджень є оцінка якісних і кількісних коливань гідрохімічного режиму р. Дніпро (в межах України) протягом багаторічного періоду. Трансформація хімічного складу річкових вод оцінювалася за змінами загальних кількісних характеристик (мінералізації і іонного складу) [43].

Для аналізу гідрохімічного режиму річок басейну Дніпра за багаторічний період спостережень (1990-2015 рр.) приймалися дані постів моніторингу гідрометеорологічної служби України (на теперішній час Державної служби надзвичайних ситуацій України), де проводяться спостереження за гідрологічним режимом та гідрохімічними показниками води.

Результати дослідження. У даній роботі виконано аналіз багаторічних змін гідрохімічного режиму річки Дніпро за середніми річними характеристиками загальної мінералізації та вмісту головних іонів за багаторічний період (з 1990 по 2015 роки).

Для більш докладної характеристики розглядалися гідрохімічні характеристики в суббасейнах основних річок.

Для характеристики гідрохімічного режиму у суббасейні річки Прип'ять (української частини) аналізувалися дані восьми постів, перелік яких наведений у табл. 1.

Так, середні значення мінералізації у суббасейні Прип'яті коливалися від 237 мг/дм³ на р. Уж, яка протікає в межах Прип'ятського прогину, до 402 – 442 мг/дм³ у воді верхніх правобережних приток Прип'яті (річки Тур'я, Стир, Случ), які протікають по Волино-Подільському плато (табл. 1). Досліджувані річки протікають у товщі осадових порід верхньо-крейдової і третинної систем із включенням у них потужних водоносних горизонтів. Карстові води мергельно-крейдових відкладів сенонських і сено-туронських горизонтів сприяють збагаченню вод річок гідрокарбонатами кальцію і магнію [13].

Для правобережних приток Прип'яті характерне зменшення мінералізації води вниз за течією річок у міру пересікання Прип'ятської низовини під впливом стоку з боліт [13]. У цьому ж напрямі змінювалися співвідношення між головними іонами – зменшувалася кількість гідрокарбонатних іонів HCO₃⁻ від 223-289 мг/дм³ до 114-201 мг/дм³ та іонів кальцію Ca²⁺ від 67-88 мг/дм³ до 33-36 мг/дм³. Також збільшувалася кількість іонів Na⁺ від 20-24 мг/дм³ на річках Тур'я, Стир, Случ до 65 мг/дм³ у водах Уборті (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових вод суббасейну р. Прип'ять за 1990-2015 рр., мг/дм³

№ за/п	Річка-пост	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Загальна мінералізація
1	Прип'ять – с. Річиця	247	34	22	72	7	34	412
2	Тур'я – м. Ковель	289	28	19	88	8	20	435
3	Стохід – смт Любешів	223	26	19	67	6	30	368
4	Стир – м. Луцьк	282	27	16	80	13	23	442
5	Случ – м. Новоград-Волинський	248	28	20	69	14	24	402
6	Случ – м. Сарни	229	30	26	70	11	39	389
7	Уборть – с. Перга	201	28	20	36	7	65	330
8	Уж – м. Коростень	114	32	26	33	11	18	237

Кількість сульфатів SO_4^{2-} коливалася у межах від 26 мг/дм³ (р. Стохід – смт Любешів) до 34 мг/дм³ (р. Прип'ять - с. Річиця). Концентрації хлоридних іонів Cl^- змінювалися від 16 мг/дм³ (р. Стир - м. Луцьк) до 26 мг/дм³ (р. Случ - м. Сарни, р. Уж - м. Коростень). Середня за досліджуваний період концентрація іонів магнію Mg^{2+} змінювалася від 6 мг/дм³ до 14 мг/дм³.

Зміна хімічного типу вод приток Прип'яті відбувається й із заходу на схід, повторюючи хід мінералізації, що відображає зв'язок річкових вод з підземними водами – з гідрокарбонатного кальцієвого і гідрокарбонатного кальцієво - магнієвого на гідрокарбонатний кальцієво-натрієвий (р. Случ - м. Сарни) і гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий (р. Уборть - с. Перга).

Динаміка середніх річних величин мінералізації наведена на рис. 1. На всіх постах, за винятком р. Уж - м. Коростень за досліджуваний період виявлена направлена тенденція до збільшення суми іонів до 2011-2012 рр., а в більш пізні роки – деяке їх зменшення. Найбільші середньорічні значення суми іонів на постах у суббасейні річки Прип'ять (крім посту р. Уж - м. Коростень) коливалися від 469 до 511 мг/дм³ в окремі роки з 2005 по 2012, найменші середньорічні значення становили від 275 до 368 мг/дм³ та спостерігалися в окремі роки періоду 1990 - 1997 років. На посту р. Уж - м. Коростень спостерігається не значна тенденція до зменшення суми іонів за розглянутий період від величин 309 мг/дм³ і 294 мг/дм³ у 1995 і 1997 рр. до найменших значень (196-186 мг/дм³) у 1999, 2001, 2013 р.

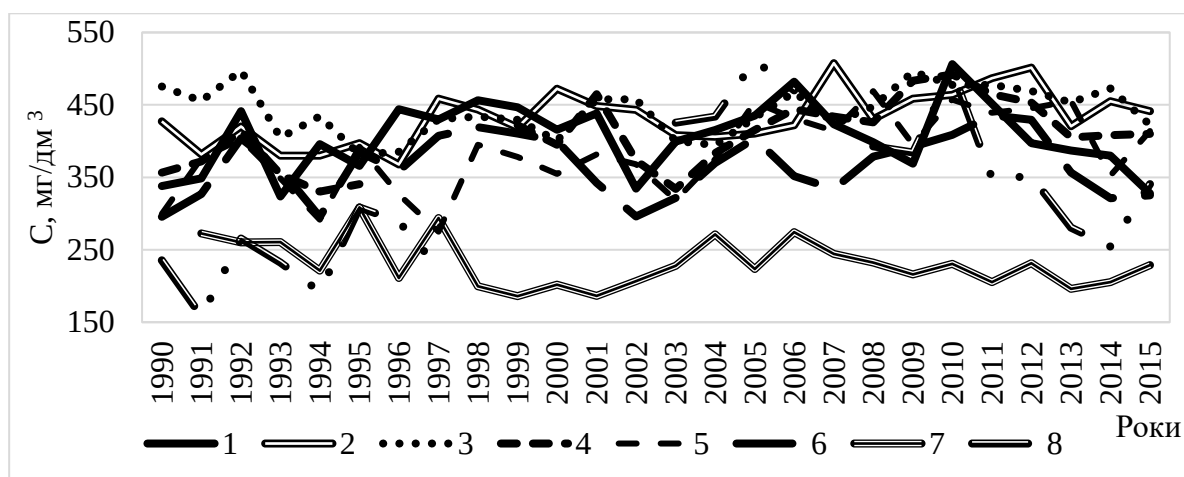


Рис. 1. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну р. Прип'ять за 1990-2015 рр. (1 – р. Прип'ять – с. Річиця; 2 – р. Тур'я – м. Ковель; 3 - р. Стохід – смт Любешів; 4 – р. Стир – м. Луцьк; 5 - р. Случ – м. Новоград-Волинський; 6 – р. Случ – м. Сарни; 7 – р. Уборть – с. Перга; 8 – р. Уж – м. Коростень)

Для характеристики гідрохімічного режиму у суббасейні річки Десна використані дані п'яти постів: два на річці Десна – м. Чернігів, с. Літки та три на притоках р. Сейм - с. Мутин, р. Снов - с. Щорс, р. Головесня - с. Покошичі (табл.2).

Мінералізація та склад головних іонів суббасейну Десни формуються під впливом кліматичних та геологічних умов [32]. Значна кількість опадів на цій території сприяє добрій промитості ґрунтів і відносній бідності поверхневих вод мінеральними сполуками [13]. Вздовж лівих берегів річок Десни та Сейму ґрунтовий покрив представлений солонцюватими включеннями, які містять підвищену кількість розчинених солей сульфатів і хлоридів.

Середня річна за період 1990-2015 рр. мінералізація води рр. Десна і Сейм становила 371 мг/дм³ і 447 мг/дм³ відповідно (табл. 2). На цих же річках спостерігалася більша кількість сульфатних іонів SO_4^{2-} : у воді Десни 26-29 мг/дм³, у

воді Сейму – до 33 мг/дм³. Концентрації хлоридних іонів Cl⁻ також підвищені і за 1990-2015 рр. у водах Десни становили 19 мг/дм³, у водах Сейму – до 24 мг/дм³.

У водах правих приток Десни мінералізація зменшувалася до 363 мг/дм³ у водах р. Головесня і до 301 мг/дм³ у водах р. Снов, а також зменшувалася кількість сульфатних до 21 мг/дм³ та хлоридних іонів до 14 мг/дм³ (табл. 2).

В басейні Десни річковою сіткою дренуються підземні води гідрокарбонатно-кальцієвого складу (до 1000 мг/дм³) [7,13], що і зумовлює виражений гідрокарбонатний тип річкових вод. Цей фактор має значний вплив на кількість іонів HCO₃⁻, які склали найбільшу частку хімічного складу річкових вод, та змінювалися від 177 мг/дм³ (р. Снов) до 226-238 мг/дм³ (р. Десна) та 274 мг/дм³ (р. Сейм) (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових вод суббасейну р. Десна за 1990-2015 рр., мг/дм³

№ за/п	Річка-пост	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Загальна мінералізація
1	Десна – м. Чернігів	226	29	19	65	13	16	370
2	Десна – с. Літки	238	26	19	62	7	25	371
3	Головесня – с. Покошичі	242	21	14	61	16	13	363
4	Сейм – с. Мути	274	33	24	75	16	23	447
5	Снов – с. Щорс	177	28	20	51	12	13	301

Такий же характер змін мають іони кальцію Ca²⁺. Так, середня багаторічна концентрація іонів Ca²⁺ складала 62-65 мг/дм³ у водах Десни, 51 мг/дм³ – у водах Сноу, 74 мг/дм³ – у водах Сейму (табл. 2).

Іони магнію Mg²⁺ потрапляють у води басейну Десни із потужних водоносних горизонтів мергельно-крейдових відкладів. Середня за досліджуваний період концентрація іонів магнію Mg²⁺ змінювалась від 7-13 мг/дм³ у водах Десни до 12-16 мг/дм³ – у водах приток (табл. 2).

Одним із джерел надходження натрію у води є продукти вивітрювання вивержених порід (гранітів) [7]. У басейні Десни корінні породи Українського кристалічного щита залягають глибоко, тому середня кількість за досліджуваний період концентрація іонів натрію Na⁺ невелика і змінювалась від 16 мг/дм³ (м. Чернігів) до 25 мг/дм³ (с. Літки) у водах Десни, у водах приток – 13 мг/дм³ (річки Головесня і Снов) та 23 мг/дм³ – р. Сейм (табл. 2).

На рис. 2 наведено багаторічну динаміку середніх річних величин мінералізації вод в річках суббасейну Десни. При цьому виявлені направлені тенденції до збільшення суми іонів за досліджуваний період, причому більш виражені вони для основних річок території – Десна і Сейм. В окремі роки підвищена мінералізація води річок спостерігалася у 1992 р. і у період з 2004 р. коли вона досягала у водах Десни 384-410 мг/дм³, а на притоках Сеймі і Головесні – до 474-500 мг/дм³. Дещо нижча мінералізація вод р. Снов – до 324-329 мг/дм³.

Для аналізу зміни хімічного стану води суббасейну Середнього Дніпра використовувались дані 18 постів, для яких у табл. 3 наведені середні значення загальної мінералізації та вмісту головних іонів за період 1990-2015 рр. Як показав аналіз, ці характеристики якості води дещо відрізняються для правобережної і лівобережної частин суббасейну Середнього Дніпра.

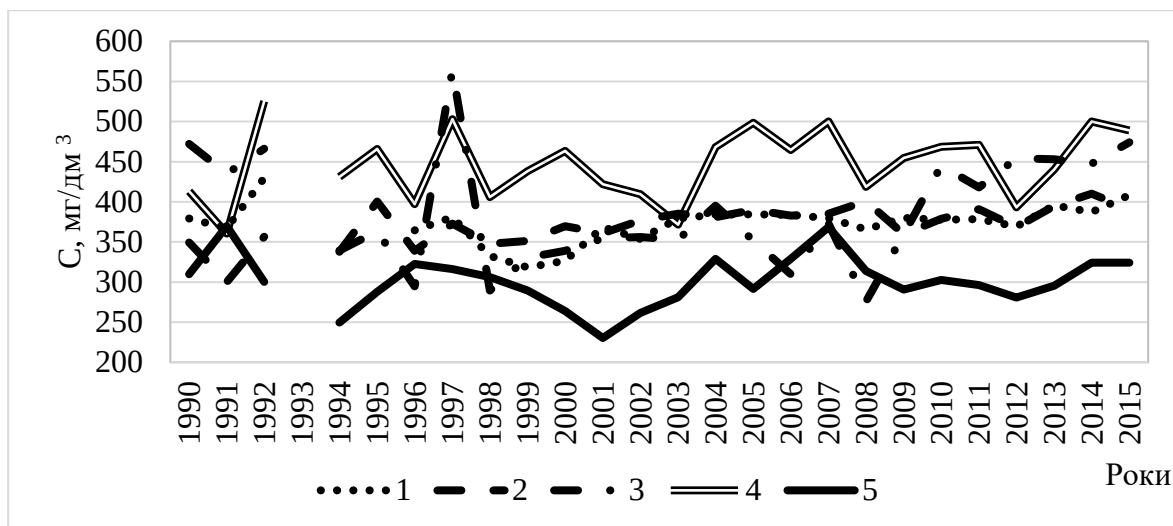


Рис. 2. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну р. Десна за 1990-2015 рр. (1 – р. Десна – м. Чернігів; 2 – р. Десна – с. Літки; 3 – р. Головесня – с. Покошичі; 4 – р. Сейм – с. Мутин; 5 – р. Снов – с. Щорс)

Для аналізу зміни хімічного стану води суббасейну Середнього Дніпра використовувались дані 18 постів, для яких у табл. 3 наведені середні значення загальної мінералізації та вмісту головних іонів за період 1990-2015 рр. Як показав аналіз, ці характеристики якості води дещо відрізняються для правобережної і лівобережної частин суббасейну Середнього Дніпра.

Таблиця 3. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових суббасейну Середнього Дніпра за 1990-2015 рр., мг/дм³

№ за/п	Річка-пост	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Загальна мінералізація
Правобережні притоки								
1	Тетерів – м.Житомир	225	33	37	60	17	23	400
2	Тетерів – смт Іванків	219	30	35	57	16	24	386
3	Ірпінь – смт Гостомель	274	39	40	75	18	26	477
4	Рось – м.Корсунь-Шевченківський	320	31	37	65	27	35	521
5	Тясмин – с.Велика Яблунівка	391	51	57	74	31	82	696
Лівобережні притоки								
6	Трубіж – смт Баришівка	378	32	36	85	26	40	604
7	Трубіж – м.Переяслав-Хмельницький	387	32	33	85	26	43	612
8	Недра – м.Березань	385	23	20	85	24	29	569
9	Сула – м.Лубни	383	100	100	88	30	110	805
10	Удай – м.Прилуки	425	94	100	98	30	108	856
11	Псел – м.Суми	325	103	79	91	20	80	689
12	Псел – м.Гадяч	348	98	92	94	21	97	747
13	Псел – с.Запсілля	335	97	83	90	22	90	717
14	Хорол – м.Миргород	396	134	114	101	32	124	901
15	Ворскла – с.Чернеччина	352	97	87	91	24	95	743
16	Ворскла – м.Кобеляки	351	115	93	90	25	110	779
17	Мерло – м.Богодухів	363	94	85	84	25	104	753
18	Ромен – м.Ромни	413	104	104	100	34	106	862

На величини мінералізації поверхневих вод та вмісту головних іонів поряд з іншими чинниками, значно впливає мінералізація та склад підземних вод. Так, в басейнах правобережних приток Росі і Тясмина дрениуються підземні води гідрокарбонатно-кальцієвого складу з мінералізацією до 1 г/дм³. В нижній лівобережній частині басейну, між річками Сулою, Пслем і Ворсклою зустрічаються ґрунтові води дуже різноманітного складу – гідрокарбонатно-кальцієві з мінералізацією (до 1 г/дм³), а також сульфатно-кальцієві, сульфатно-натрієві, подекуди хлоридно-сульфатні (з мінералізацією більше 3 г/ дм³) [13].

При цьому, значення загальної мінералізації за багаторічний період для правобережних приток Середнього Дніпра коливались від 386 мг/дм³ (р. Тетерів – смт Іванків) до 696 мг/дм³ (р. Тясмин – с. Велика Яблунівка), збільшуючись вниз за течією. В межах лівобережних приток мінералізація була вищою і змінювалась від 569 мг/дм³ (в районі створу р. Недра – м. Березань) до 901 мг/дм³ (р. Хорол – м. Миргород) (табл. 3).

Динаміка середньорічних величин мінералізації по правобережних і лівобережних створах спостережень в межах Середнього Дніпра за період 1990-2015 рр. представлена на рис. 3. Як для правобережних, так й лівобережних приток, зміна коливань мінералізації зберігається і майже синхронна в межах всіх створів на протязі періоду спостережень. Часові тренди загальної мінералізації в цієї частині басейну Дніпра слабо виражені.

Для правобережної частини Середнього Дніпра найбільші середньорічні значення мінералізації на протязі всього періоду спостережень притаманні водам басейну р.Тясмин (до величин 928 мг/дм³ в 1994 р. і 736 мг/дм³ – 2015 р.), а найменші – водам р. Тетерів (найменше значення 283 мг/дм³ у 2005 р.).

Серед приток лівобережної частини Середнього Дніпра найменші середньорічні показники мінералізації характерні для створів, що знаходяться вище впадіння в Дніпро річки Сула. Так, в двох створах, розташованих на р. Трубеж мінералізація води була в межах 500-600 мг/дм³. Такі ж значення суми іонів характерні і для створу р. Недра – м. Березань. Вниз за течією значення концентрацій води поступово збільшуються. Найбільші середньорічні показники мінералізації характерні для річок Хорол, Удай, Ромен, в деякі роки – і для річки Сула (рис.3б). Так, в створах р. Сула - м. Лубни, р. Удай – м. Прилуки та р. Ромен – м. Ромни спостерігались значення мінералізації води навіть вище нормативу ГДК для прісних вод і складали в різні роки від 1011 до 1160 мг/дм³ (1992, 1996, 1997, 2009, 2015 рр.).

В суббасейні Середнього Дніпра, як і на більшій частині території басейну Дніпра, переважають помірно мінералізовані гідрокарбонатні річкові води [13]. У воді лівобережних приток р.Дніпро міститься підвищена кількість карбонатів і гідрокарбонатів натрію та магнію (гирлові ділянки річок Сули і Ворскли). Ґрунтовий покрив північної частини лівобережного Дніпра на північ від лінії Переяслав-Прилуки засолений гідрокарбонатами, південної – сульфатами і хлоридами [13], що зумовлює особливості хімічного складу води даних річок.

Так, за багаторічний період середня концентрація іонів НСО₃⁻ для правобережних приток становила 285 мг/дм³ (табл. 3), коливаючись у межах від 219 мг/дм³ (р. Тетерів – смт Іванків) до 391 мг/дм³ (р. Тясмин – с. Велика Яблунівка). Значення гідрокарбонатних іонів в межах лівобережної частини Середнього Дніпра збільшуються по відношенню до правобережних і в середньому за багаторічний період складають 372 мг/дм³.

Іони хлору Cl⁻ більш характерні для вод лівобережних приток Середнього Дніпра (табл. 3) і, як видно, різко зростають після впадіння р.Сула. За середніми багаторічними значеннями періоду 1990-2015 рр. концентрації іонів Cl⁻ коливались

від 20 мг/дм³ (р. Недра - м. Березань) до 114 мг/дм³ в районі міста Миргород (р. Хорол) (табл.3). В водах правобережних приток концентрації хлоридів змінювались у незначних межах: від 35-37 мг/дм³ (р. Тетерів та р. Рось) до 57 мг/дм³ (р. Тясмин).

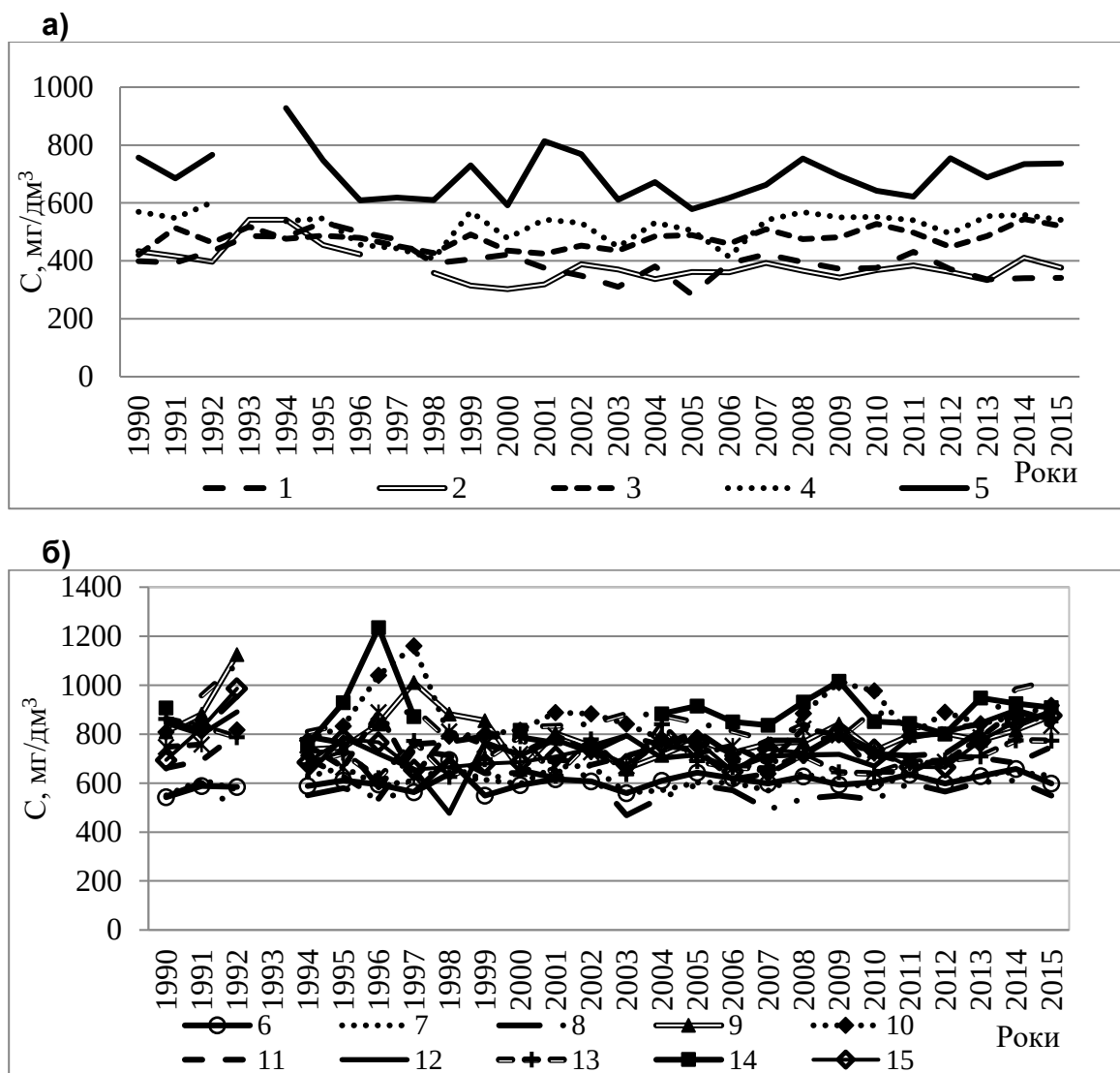


Рис. 3. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну Середнього Дніпра за 1990-2015 рр.

а) правобережні притоки (1- р. Тетерів – м. Житомир; 2 - р. Тетерів – смт Іванків; 3 – р. Ірпінь – смт Гостомель; 4 – р. Рось – м. Корсунь-Шевченківський; 5 – р. Тясмин – с. Велика Яблунівка);

б) лівобережні притоки (6 – р. Трубіж – смт Баришівка; 7 – р. Трубіж – м. Переяслав-Хмельницький; 8 – р. Недра – м. Березань; 9 – р. Сула – м. Лубни; 10 – р. Удай – м. Прилуки; 11 – р. Псел – м. Суми; 12 – р. Псел – м. Гадяч; 13 – р. Псел – с. Запсілля; 14 - р. Хорол – м. Миргород; 15 – р. Ворскла – с. Чернеччина; 16 – р. Ворскла – м. Кобеляки; 17 – р. Мерло – м. Богодухів; 18 – р. Ромен – м. Ромни)

Стосовно сульфатних іонів SO_4^{2-} можна відзначити, що підвищені показники концентрацій в основному притаманні річкам лівобережжя Середнього Дніпра. Після впадіння р. Сула в Дніпро кількість іонів SO_4^{2-} (як і хлоридів) в воді річок починає збільшуватись вниз за течією. Межі цих коливань становлять від 23 мг/дм³ (р. Недра – м. Березань) до 134 мг/дм³ (р. Хорол – м. Миргород). Концентрації

сульфатів в річках правої частини Середнього Дніпра змінювались від 30-33 мг/дм³ (в воді р. Тетерів) до 51 мг/дм³ (в воді р. Тясмин).

Характеристика якості води за катіонним складом різниться в межах правобережної та лівобережної частин Середнього Дніпра. Для правобережних приток характерні іони кальцію, значення яких коливаються від 57 мг/дм³ (р. Тетерів – смт Іванків) до 74-75 мг/дм³ (р. Ірпінь – смт Гостомель та р. Тясмин – с. Велика Яблунівка). Кількість іонів магнію та натрію незначна по відношенню до іонів Ca²⁺ і знаходиться відповідно у межах: 16-17 мг/дм³ в воді р. Тетерів – 31мг/дм³ в районі села Велика Яблунівка та 23 мг/дм³ (р. Тетерів - м. Житомир) - 82мг/дм³ (р. Тясмин – с. Велика Яблунівка).

Для лівобережних приток характерна значна кількість іонів кальцію і збільшення іонів натрію за течією. З табл. 3 видно, що концентрація кальцію в межах обох створів на р. Трубіж становить 85 мг/дм³, збільшуючись до 100 мг/дм³ та 101 мг/дм³ відповідно в створах Ромен - м. Ромни та р. Хорол – м. Миргород. Середньобаторічні значення іонів магнію практично однакові в межах всіх створів і коливаються від 20 до 34 мг/дм³. Стосовно іонів натрію можна зазначити, що інтервал зміни параметру достатньо широкий: від 29 мг/дм³ (р. Недра – м. Березань) до 124 мг/дм³ (р. Хорол – м. Миргород).

Для характеристики гідрохімічного режиму суббасейну Нижнього Дніпра досліджувався гідрохімічний склад річок в його басейні: Мокра Московка – м. Запоріжжя, Інгулець - м. Кривий Ріг, Інгулець – с. Садове, Вовча - смт Васильківка та р. Солоня - с. Новопавлівка (табл.4).

Таблиця 4. Вміст головних іонів та загальна мінералізація річкових вод суббасейну Нижнього Дніпра за 1990-2015 рр., мг/дм³

№ за/п	Річка-пост	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Загальна мінералізація
1	Мокра Московка – м. Запоріжжя	331	386	281	192	75	167	1432
2	Інгулець – м.Кривий Ріг	251	273	144	141	79	126	968
3	Інгулець – с. Садове	171	48	40	47	20	25	371
4	Вовча – смт Васильківка	304	1401	508	260	125	589	3292
5	Солоня –с.Новопавлівка	341	1459	448	265	152	560	3325

Хімічний склад поверхневих вод Нижнього Дніпра тісно пов'язаний із особливостями природних умов цієї території. Зі зменшенням кількості атмосферних опадів та підвищенням температури повітря відбувається зміна ґрунтового покриву з дерново-підзолистих ґрунтів на високопродуктивні чорноземи, які мають у своєму складі великий природний вміст добре розчинних сульфатів і хлоридів натрію, магнію, кальцію. Крайня південна частина басейну Дніпра, що розташована в межах Причорноморського артезіанського басейну, відзначається й різноманітними умовами формування підземних вод. Якісний склад підземних вод даної частини басейну Дніпра вельми строкатий, що обумовлено приуроченістю до зони недостатнього зволоження з жарким посушливим кліматом, невитриманістю літолого-фаціального складу водовміщуючих порід і недостатньою захищеністю від поверхневого забруднення.

Особливістю досліджуваних річок є висока загальна мінералізація води – >1000 мг/дм³ та її невисока річна мінливість, що пов'язане з розчиненням під час весняного водопілля солей, накопичених у верхньому шарі ґрунтів у зоні аерації [31, 22]. Висока мінералізація води також обумовлена антропогенним фактором.

Найбільший внесок у техногенне забруднення річок вносять індустриальні міста Кривий Ріг, Дніпро, Запоріжжя, Павлоград від скидів високомінералізованих забруднених промислових стоків підприємств, які обслуговують гірничо-видобувну, металургійну та хімічну промисловість. Високий вміст сухого залишку, хлоридів і сульфатів спостерігається по всій течії річок [44]. Найкращою якістю відрізняються води пригирлової ділянки р. Інгулець, що знаходяться в підпорі дніпровських вод.

Мінералізація води в середньому за 1990-2015 рр. змінювалася від 371 мг/дм³ в пункті р. Інгулець – с. Садове до 3325 мг/дм³ в пункті р. Солоня – с. Новопавлівка (табл. 4). Дещо нижча вона у водах р. Мокра Московка, яка в середньому за 1990-2015 рр. становила 1432 мг/дм³, що за класифікацією О.О. Алексіна відносить води до солонуватих [8]. Динаміка середніх річних величин мінералізації показана на рис.4.

Так, рис.4 показує, що на річках Вовча і Солоня за розглядуваний період в часових рядах загальної мінералізації спостерігається стала тенденція до зростання. Наприклад, середня річна мінералізація води р. Вовча змінювалася в межах від 2602 мг/дм³ у 1996 р. до 4004 мг/дм³ у 2015 р., високі значення мінералізації води спостерігалися також у 2005, 2007, 2013 рр. Зазначені зміни мінералізації води відбувалися при постійному зростанні вмісту іонів легкорозчинних солей, зокрема SO₄²⁻, Cl⁻ та Na+K.

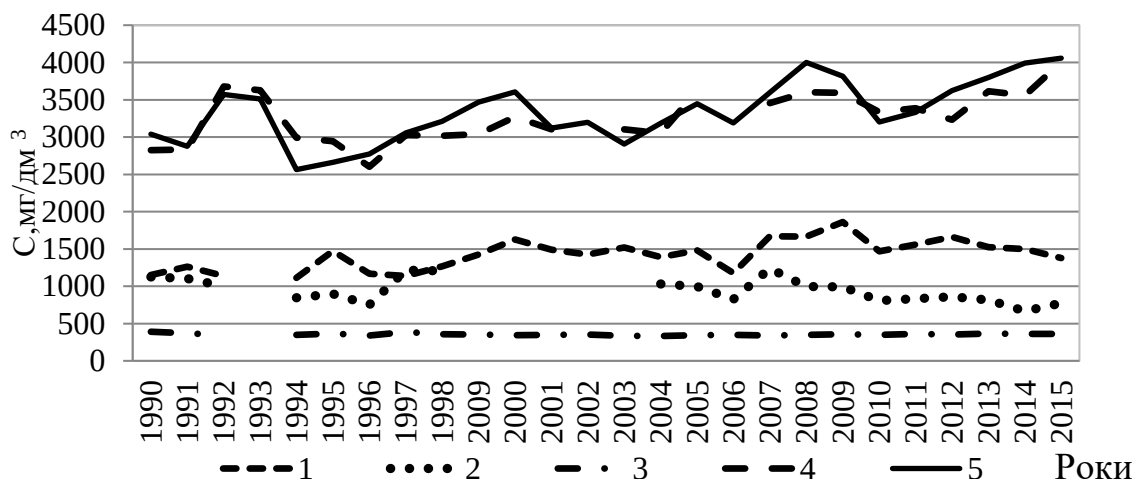


Рис. 4. Хронологічний графік середніх річних значень мінералізації річкових вод суббасейну Нижнього Дніпра за 1990-2015 рр. (1 – р. Мокра Московка – м. Запоріжжя; 2 – р. Інгулець – м. Кривий Ріг; 3 – р. Інгулець – с. Садове; 4 - р. Вовча – смт Васильківка; 5 – р. Солоня – с. Новопавлівка)

На інших річках території направлені тренди слабо виражені. Так, мінералізація води р. Інгулець зростає у міру віддалення від витоків річки (у верхній і середній частині) з одночасною зміною і іонного складу [23, 30]. В нижній частині басейну хімічний склад р. Інгулець формується під впливом дніпровських вод, що надходять анти рікою на 75 км вверх по руслу. Внаслідок цього мінералізація води в нижній течії р. Інгулець знижується до величин, що характерні для дніпровської води. При цьому в межах одного басейну, середні значення мінералізації вод змінюються від 968 мг/дм³ в пункті м. Кривий Ріг до їх найменших величин – 371 мг/дм³ (в пункті с. Садове), де направлених змін за заданий відрізок часу немає.

Всі вище зазначені фактори впливають не тільки на загальну мінералізацію досліджуваних річок, але й на зміну хімічного складу поверхневих вод з гідрокарбонатно-кальцієвого типу на сульфатно-натрієвий, а в окремих випадках – на хлоридно-натрієвий тип.

Найбільший вплив на формування хімічного складу води в річках Нижнього Дніпра мають сульфатні іони. Високий вміст сульфатних іонів у досліджуваних річках зумовлений природними властивостями ґрунтів та зв'язком поверхневих вод з високомінералізованими ґрунтовими водами, значним антропогенним впливом [14, 26].

Найбільша кількість сульфатних іонів SO_4^{2-} за розглядуваний багаторічний період досліджень спостерігається в рр. Солоня та Вовча 1459 мг/дм^3 та 1401 мг/дм^3 відповідно (табл. 4), що пов'язано, в першу чергу, з живленням цих річок ґрунтовими водами сульфатно-натрієвого та хлоридно-сульфатно-натрієвого складу із загальною мінералізацією до $3\text{-}10 \text{ г/дм}^3$. Значно нижча кількість сульфатних іонів SO_4^{2-} за період досліджень спостерігалася у воді Мокрої Московки – 386 мг/дм^3 (м. Запоріжжя) та у воді Інгульця – 273 мг/дм^3 (м. Кривий Ріг) з найнижчими показниками до 48 мг/дм^3 (с. Садове) (табл. 4).

Значною кількістю хлоридних іонів характеризуються річкові води Нижнього Дніпра. Основними джерелами надходження хлоридних іонів у природні води є хлористі мінерали (галій NaCl , сильвін KCl тощо) з гірських порід та ґрунтів, атмосферні опади, промислові та господарсько-побутові стічні води. Значне збільшення хлоридних іонів в досліджуваному районі зумовлюється антропогенним впливом на іонний склад води у місцях скидів промислових та комунально-побутових стоків, що проявляється у різкому збільшенні концентрації хлоридів та сульфатів [23, 32].

Найбільші концентрації хлоридних іонів Cl^- за 1990-2015 рр. відзначалися у водах р. Вовча (сmt Васильківка) – 508 мг/дм^3 та 448 мг/дм^3 у її притоці Солоній (с. Новопавлівка) (табл. 4). Значно нижчі концентрації хлоридних іонів Cl^- відзначалися у водах Мокрої Московки 281 мг/дм^3 та Інгульця в створах: м.Кривий Ріг – 144 мг/дм^3 , с.Садове – 40 мг/дм^3 (табл. 4).

При характеристиці середньої багаторічної кількості іонів HCO_3^- слід зауважити, що ці показники за територією басейну змінюються незначно. Найбільша їх кількість спостерігається у водах р. Солоня - с. Новопавлівка (341 мг/дм^3) та р. Мокра Московка - м. Запоріжжя (331 мг/дм^3) (табл. 4), а найменші у водах Інгульця – 251 мг/дм^3 (м. Кривий Ріг) і 171 мг/дм^3 (с. Садове).

В катіонному складі звертають на себе увагу високі концентрації іонів натрію. Так, за досліджуваний період у р. Вовча - сmt Васильківка середня багаторічна кількість іонів натрію Na^+ складала 589 мг/дм^3 , а в р.Солоня - с. Новопавлівка – 560 мг/дм^3 (табл. 4). Це пов'язано з тим, що у живленні річок Вовча, Солоня беруть участь ґрунтові води сульфатно-кальцієвого і сульфатно-натрієвого складу [13, 32]. Концентрацій іонів Ca^{2+} у водах цих річок теж мають найвищі значення – 265 мг/дм^3 у пункті р. Солоня - с. Новопавлівка та 260 мг/дм^3 р. Вовча - сmt Васильківка.

Дещо менше середня багаторічна концентрація іонів натрію Na^+ спостерігалася у водах річок Мокра Московка (м. Запоріжжя – 167 мг/дм^3) та Інгулець (м. Кривий Ріг - 126 мг/дм^3), знижуючись до 25 мг/дм^3 в пункті Інгулець – с. Садове. Такі показники є результатом впливу шахтних та кар'єрних вод (у верхній і середній течії Інгульця), що мають хлоридно-натрієвий склад [24,34]. Щодо середньо багаторічних концентрацій іонів Ca^{2+} , то у водах річки Мокра Московка – м. Запоріжжя то вони становили 192 мг/дм^3 та 141 мг/дм^3 у водах р. Інгулець - Кривий Ріг (табл. 4). У нижній ділянці річки Інгулець (с. Садове) концентрації іонів Ca^{2+} мінімальні і складала 47 мг/дм^3 .

Вміст магнію у річкових водах у цілому значно менший, ніж кальцію. Змінюючись від найбільших значень, що зафіксовані у пункті р. Солоня -с. Новопавлівка – 152 мг/дм^3 та р. Вовча - сmt Васильківка - 125 мг/дм^3 , вони зменшувались до 79 мг/дм^3 у пункті р. Інгулець - Кривий Ріг та 75 мг/дм^3 у р. Мокра

Московка, з найменшими значеннями у пункті р. Інгулець - с. Садове (20мг/дм³), що відповідає за хімічним складом дніпровській воді.

Висновки. Проведені дослідження гідрохімічного режиму річок басейну Дніпра (в межах України) за багаторічний період спостережень (1990-2015 рр.) показали, що загальна мінералізація та вміст головних іонів відображають зміну фізико-географічних та кліматичних умов у басейні Дніпра.

На більшості річок басейну Дніпра відзначені періодичні коливання мінералізації води та концентрації головних іонів від деяких середніх значень за досліджуваний період. Найбільш виражені направлені тенденції до підвищення загальної мінералізації вод річок суббасейнів Прип'яті і Десни, на річках Середнього і Нижнього Дніпра вони проявляються дещо менше.

Середня мінералізація найменша у суббасейнах Прип'яті та Десни і коливається від 237 мг/дм³ (р. Уж, що протікає в межах Прип'ятського прогину) до 301-370 мг/дм³ (Десна з притокою Снов) та 402-442 мг/дм³ у воді верхніх правобережних приток Прип'яті (річки Тур'я, Стир, Случ, що протікають по Волино-Подільському плато) і 447 мг/дм³ (Сейм). Досліджувані річки Західного і Східного Полісся протікають у товщі осадових порід верхньо-крейдової і третинної систем із включенням у них потужних водоносних горизонтів. Води мергельно-крейдових відкладів сприяють збагаченню вод річок гідрокарбонатами кальцію і магнію. Переважаючий клас вод у суббасейнах Прип'яті та Десни гідрокарбонатний кальцієвий і гідрокарбонатний кальцієво – магнієвий.

У суббасейні Середнього Дніпра виділяють дві основні геоморфологічні області: правобережну підвищену рівнину та лівобережну підвищену рівнину. На правобережжі у басейнах річок Тетерев та Ірпінь (південні райони Центрального Полісся) води мають найменшу мінералізацію – 386-477 мг/дм³ (рр. Тетерів, Ірпінь), домінують гідрокарбонатні іони та іони кальцію

Річки середньої правобережної частини суббасейну Рось і Тясмін, що дренують підземні води гідрокарбонатно-кальцієвого складу з мінералізацією до 1 г/дм³, мають більшу середню мінералізацію за багаторіччя - 521 та 695 мг/дм³ відповідно у пунктах Корсунь-Шевченківський і Велика Яблунівка. Тут переважають гідрокарбонатні іони та іони кальцію, клас вод – гідрокарбонатний групи кальцію. Найбільші значення мінералізації води на посту Тясмин - с. Велика Яблунівка спостерігаються через солонцюваті включення у ґрунтах в долині річки.

Води лівобережних приток Середнього Дніпра – Трубежу, Недри мають середні за досліджуваний період величини мінералізації 604-612 мг/дм³ (р. Трубіж в пунктах смт Баришівка та м. Переяслав-Хмельницький відповідно) і 569 мг/дм³ (р. Недра – м. Березань). В іонному складі переважають гідрокарбонатні іони, кількість іонів кальцію зменшується за рахунок збільшення концентрацій магнію і натрію.

У нижній частині Середнього Дніпра в долинах лівобережних приток – річок Сули, Псла і Ворскли ґрунтовий покрив містить підвищену кількість сульфатів і хлоридів, ґрунтові води змінюються від гідрокарбонатно-кальцієвих до сульфатно-калієвих, сульфатно-натрієвих з підвищеною мінералізацією. Такі природні умови відображаються на середньорічних значеннях мінералізації – у водах басейну Сули вони становлять 805-856 мг/дм³, у басейні Псла – 689-901 мг/дм³, у басейні Ворскли – 743-779 мг/дм³, переважають гідрокарбонатні іони, іони кальцію, у воді має місце підвищений вміст натрію, тому води належать до гідрокарбонатного класу групи кальцію-натрію.

У суббасейні Нижнього Дніпра у живленні річок Вовча, Солона беруть участь ґрунтові води сульфатно-кальцієвого і сульфатно-натрієвого складу, а також води хлоридно-сульфатно-натрієвого складу із загальною мінералізацією 3-10 г/дм³, тому сума іонів у цих річках досягає значень 3292-3325 мг/дм³, і води мають

сульфатно-хлоридний натрієво-калієво-кальцієвий тип (у р. Вовча) та сульфатно-хлоридний зі змішаним катіонним складом (у р. Солоня).

Води р. Інгулець зазнають значного антропогенного впливу та дренуються ґрунтовими водами із мінералізацією 3-10 г/дм³, в яких яскраво виражена перевага натрію, сульфатів і хлоридів. Мінералізація води р. Інгулець в середньому за 1990-2015 рр. зменшується вниз за течією (в середньому від 968 мг/дм³ в пункті м. Кривий Ріг до 371 мг/дм³ в пункті с. Садове), що визначається впливом дніпровських вод. Хімічний тип вод сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридний зі змішаним катіонним складом у пункті м. Кривий Ріг та гідрокарбонатно-хлоридний зі змішаним катіонним складом у пункті с. Садове.

Список літератури

1. Паламарчук М.М., Загорчевна Н.Б. Водний фонд України / за ред. В.М. Хорєва, К.А. Алієва. К.: Ніка-Центр, 2001. 392 с.
2. Вишневецький В.І. Ріка Дніпро. К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
3. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. К., 2006. 240 с.
4. 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. К.: Інтерпрес, 2013. 55 с.
5. Наказ від 03.03.2017 №103 «Про затвердження меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0421-17>.
6. Закон України «Про затвердження загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 17, ст.146) URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>.
7. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії. К.: Ніка-Центр, 2012. 312 с.
8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград: Гидрометиздат, 1970. 444 с.
9. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. К.: Наукова думка, 1979. 220 с.
10. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А.И. Денисова, В.М. Тимченко, Е.П. Нахшина и др. К.: Наукова думка, 1989. 210 с.
11. Пелешенко В.И. Оценка взаимосвязи химического состава различных типов природных вод. К.: Вища школа, 1975. 168 с.
12. Гидрохимическое картирование с применением вероятностно-статистических методов / Л.Н. Горев, Д.В. Закревский, А.А. Косовец и др. / под общ. ред. В.И. Пелешенко. К.: Вища школа, 1979. 100 с.
13. Горев Л.М., Пелешенко В.І., Хильчевский В.К. Гідрохімія України. К.: Вища школа, 1995. 307 с.
14. Khil'chevskii V.K., Khil'chevskii R.V., Gorokhovskaya M.S. Environmental aspects of chemical substance discharge with river flow into water bodies of the Dnieper River basin. Water Resources. 1999. 26(4). P. 453–458.
15. Хильчевський В.К. Агрогідрохімія. К.: ВПЦ «Київський університет», 1995. 162 с.
16. Хильчевський В.К. Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра. К.: ВПЦ «Київський університет», 1996. 222 с.
17. Khil'chevskiy V.K. Effect of agricultural production on the chemistry of natural waters: a survey. Hydrobiological Journal. 1994. 30(1). P. 82–93.
18. Хильчевський В.К. До питання про класифікацію природних вод за мінералізацією. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2003. Т. 5. С. 11-18.
19. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / В.К. Хильчевський, І.М. Ромась, М.І. Ромась та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. К.: Ніка-Центр, 2007. 184 с.
20. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / В.К. Хильчевський, С.М. Курило, С.С. Дубняк та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. К.: Ніка-Центр, 2009. 116 с.
21. Польові та лабораторні дослідження хімічного складу води річки Рось / В.К. Хильчевський, В.М. Савицький, Л.А. Красова та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. Київ. ВПЦ «Київський університет», 2012. 143 с.
22. Гідроекологічний стан басейну Горині в районі Хмельницької АЕС / В.К. Хильчевський, М.І. Ромась, О.В. Чунарьов та ін. / за ред. В.К. Хильчевського. К.: Ніка-центр, 2011. 176 с.
23. Хильчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. К.: Ніка-Центр, 2012. 180 с.
24. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України / В.К. Хильчевський, О.О. Винарчук, О.М. Гончар та ін. / за ред. В.К. Хильчевського та В.А. Сташука. К.: Ніка-

Центр, 2014. 230 с. **25.** Хільчевський В.К., Маринич В.В., Савицький В.М. Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2002. Т. 4. С. 126-128. **26.** Хільчевський В.К., Руденко Р.В., Курило С.М. Трансформація хімічного складу води річок басейну Дніпра. Водне господарство України. 2006. № 3. С. 40-49. **27.** Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем. К.: Ніка-Центр, 2006. 284 с. **28.** Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області / С.І. Сніжко, О.О. Орлов, Д.В. Закревський та ін. Житомир: Волинь, 2002. 264 с. **29.** Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P. Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2018. 27 (1). P. 68-80. Retrieved from <https://doi.org/10.15421/111832>. **30.** Осадчий В.І. Гідрологічні чинники формування хімічного складу поверхневих вод. Наук. праці УкрНДГМІ. 2013. Вип. 265. С. 54-65. **31.** Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / В.І. Осадчий, Б.Й. Набиванець, П.М. Линник та ін. К.: Ніка-Центр, 2013. 240 с. **32.** Осадчий В.І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. Вісник НАН України. 2017. № 8. С. 29-45. **33.** Шерстюк Н.П., Хільчевський В.К. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу. Дніпропетровськ: Акцент, 2012. 263 с. **34.** Пилип'юк В.В., Лобода Н.С. Динаміка хімічного складу р. Псел та оцінка її якості. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 4(21). С. 125-134. **35.** Лобода Н.С., Пилип'юк В.В. Динаміка хімічного складу води по довжині р. Ворскла та оцінка її якості. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2011. Вип. 11. С. 178-189. **36.** Лобода Н.С., Пилип'юк В.В. Оценка экологического состояния рек Псел и Ворскла по уровню использования вод в трансграничной зоне «Россия-Украина». Вісник Одеського державного екологічного університету. 2012. Вип. 14. С. 151-159. **37.** Лобода Н.С., Пилип'юк В.В. Зміни клімату та їх можливі наслідки у формуванні якості вод (на прикладі річок Псел та Ворскла). Вісник Одеського державного екологічного університету. 2017. Вип. 22. С. 2-11. **38.** Шахман І.О., Лобода Н.С. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками // Укр. гідрометеорол. журнал. 2016. №17. С. 2-14. **39.** Даус М.Є. Оцінка якості вод приток річки Прип'ять (української частини) для рибогосподарського використання. Вода: проблеми та шляхи вирішення. Зб. статей науково-практичної конференції із міжнародною участю, м. Рівне, 5-8 липня 2017 р. Житомир. Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон». 2017. С. 89-94. **40.** Даус М.Є., Лобода Н.С., Дичеренко Ю.Л. Оцінка якості води річки Десна за комплексом гідрохімічних показників. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2013. №16. С. 124-134. **41.** Даус М., Лужанська Д. Оцінка якості води припливів р. Десна за комплексом гідрохімічних показників. Матеріали XXVII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку», 17 листопада 2016 р. Переяслав-Хмельницький. 2016. С. 37-42. **42.** Даус М.Є., Кликач Н.В. Оцінка якості води у басейні річки Сула у роки різної водності. Зб. Праць VI Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology – 2017), 20–22 вересня 2017. Вінниця. ВНТУ. 2017. С. 102. **43.** Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек. К.: Изд-во АН УССР, 1962. 256 с. **44.** Харитонов М.М., Анісімова Л.Б. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну річки Дніпро у Дніпропетровській області. Екологія і природокористування. 2013. Вип. 17. С.75-85.

References

1. Palamarchuk M.M., Zakorchevna N.B. Vodnyi fond Ukrainy / za red. V.M. Khorieva, K.A. Aliieva. K.: Nika-Tsentr, 2001. 392 s. **2.** Vyshnevskiy V.I. Rika Dnipro. K.: Interpres LTD, 2011. 384 s. **3.** Vodna Ramkova Dyrektyva YeS 2000/60/leS. Osnovni terminy ta yikh vyznachennia. K., 2006. 240 s. **4.** Metodyky hidrografichnoho ta vodohospodarskoho raionuvannia terytorii Ukrainy vidpovidno do vymoh Vodnoi Ramkovoї Dyrektyvy Yevropeiskoho Soiuzu / V.V. Hrebin, V.B. Mokin, V.A. Stashuk, V.K. Khilchevskiy, M.V. Yatsiuk, O.V. Chunarov, Ye.M. Kryzhanovskiy, V.S. Babchuk, O.Ie. Yaroshevych. K.: Interpres, 2013. 55 s. **5.** Nakaz vid 03.03.2017 №103 «Pro zatverdzhennia mezh raioniv richkovykh baseiniv, subbaseiniv ta vodohospodarskykh dilianok» [Elektronnyi resurs]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0421-17>. **6.** Zakon Ukrainy «Pro zatverdzhennia zahalnodержавnoi tsilovoi prohramy rozvytku vodnoho hospodarstva ta

ekolohichnoho ozdorovlennia baseinu richky Dnipro na period do 2021 roku» (Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2013, № 17, st.146) <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>. **7. Khilchevskiy V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M.** Osnovy hidrokhimii. K.: Nika-Tsentr, 2012. 312 s. **8. Alekyn O.A.** Основы гидрохимии. Ленинград: Hydrometizdat, 1970. 444 s. **9. Denysova A.Y.** Formyrovanye hydrokhymycheskoho rezhyma vodokhranylyshch Dnepra y metody eho prohnozyrovanyia. K.: Naukova dumka, 1979. 220 s. **10. Hydrolohiya y hydrokhymyia Dnepra y eho vodokhranylyshch / A.Y. Denysova, V.M. Tymchenko, E.P. Nakshyna y dr. K.: Naukova dumka, 1989. 210 s. 11. Peleshenko V.Y.** Otsenka vzaymosvიაzy khymycheskoho sostava razlychnykh tyrov pryrodnykh vod. K.: Vyshcha shkola, 1975. 168 s. **12. Hydrokhymycheskoe kartyrovanye s pryimeneniyem veroiatnostno-statystycheskykh metodov / L.N. Horev, D.V. Zakrevskiy, A.A. Kosovets y dr. / pod obshch. red. V.Y. Peleshenko. K.: Vyshcha shkola, 1979. 100 s. 13. Horiev L.M., Peleshenko V.I., Khilchevskiy V.K.** Hidrokhiimiia Ukrainy. K.: Vyshcha shkola, 1995. 307 s. **14. Khilchevskii V.K., Khilchevskii R.V., Gorokhovskaya M.S.** Environmental aspects of chemical substance discharge with river flow into water bodies of the Dnieper River basin. *Water Resources*. 1999. 26(4). P. 453–458. **15. Khilchevskiy V.K.** Ahrohidrokhiimiia. K.: VPTs "Kyivskiy universytet", 1995. 162 s. **16. Khilchevskiy V.K.** Rol ahrokhimichnykh zasobiv u formuvanni yakosti vod baseinu Dnipra. K.: VPTs "Kyivskiy universytet", 1996. 222 s. **17. Khilchevskiy V.K.** Effect of agricultural production on the chemistry of natural waters: a survey. *Hydrobiological Journal*. 1994. 30(1). P. 82–93. **18. Khilchevskiy V.K.** Do pytannia pro klasyfikatsiiu pryrodnykh vod za mineralizatsiieiu. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*. 2003. T. 5. S. 11-18. **19. Hidroloho-hidrokhiimichna kharakterystyka minimalnogo stoku richok baseinu Dnipra / V.K. Khilchevskiy, I.M. Romas, M.I. Romas ta in. / za red. V.K. Khilchevskoho. K.: Nika-Tsentr, 2007. 184 s. 20. Hidroekolohichnyi stan baseinu richky Ros / V.K. Khilchevskiy, S.M. Kurylo, S.S. Dubniak ta in. / za red. V.K. Khilchevskoho. K.: Nika-Tsentr, 2009. 116 s. 21. Polovi ta laboratorni doslidzhennia khimichnoho skladu vody richky Ros / V.K. Khilchevskiy, V.M. Savytskyi, L.A. Krasova ta in. / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv. VPTs «Kyivskiy universytet», 2012. 143 s. 22. Hidroekolohichnyi stan baseinu Horyni v raioni Khmelnytskoi AES / V.K. Khilchevskiy, M.I. Romas, O.V. Chunarov ta in. / za red. V. K. Khilchevskoho. K.: Nika-tsentr, 2011. 176 s. 23. Khilchevskiy V.K., Kravchynskiy R.L., Chunarov O.V.** Hidrokhiimichnyi rezhym ta yakist vody Inhultsia v umovakh tekhnohenezu. K.: Nika-Tsentr, 2012. 180 s. **24. Hidrokhiimiia richok Livoberezhnogo lisostepu Ukrainy / V.K. Khilchevskiy, O.O. Vynarchuk, O.M. Honchar ta in. / za red. V.K. Khilchevskoho ta V.A. Stashuka. K.: Nika-Tsentr, 2014. 230 s. 25. Khilchevskiy V.K., Marynych V.V., Savytskyi V.M.** Porivnialna otsinka yakosti richkovykh vod baseinu Dnipra. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*. 2002. T. 4. S. 126-128. **26. Khilchevskiy V.K., Rudenko R.V., Kurylo S.M.** Transformatsiia khimichnoho skladu vody richok baseinu Dnipra. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*. 2006. № 3. S. 40-49. **27. Snizhko S.I.** Teoriia i metody analizu rehionalnykh hidrokhiimichnykh system. K.: Nika-Tsentr, 2006. 284 s. **28. Hidrokhiimiia ta radioheokhiimiia richok i bolit Zhytomyrskoi oblasti / S.I. Snizhko, O.O. Orlov, D.V. Zakrevskiy ta in. Zhytomyr: Volyn, 2002. 264 s. 29. Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P.** Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. 27 (1). P. 68-80. Retrieved from <https://doi.org/10.15421/111832>. **30. Osadchyi V.I.** Hidrolohiichni chynnyky formuvannia khimichnoho skladu poverkhnevyykh vod. *Nauk. pratsi UkrNDHMI*. 2013. Vyp. 265. S. 54-65. **31. Protsesy formuvannia khimichnoho skladu poverkhnevyykh vod / V.I. Osadchyi, B.I. Nabyvanets, P.M. Lynnyk ta in. K.: Nika-Tsentr, 2013. 240 s. 32. Osadchyi V.I.** Resursy ta yakist poverkhnevyykh vod Ukrainy v umovakh antropohennoho navantazhennia ta klimatychnykh zmin. *Visnyk NAN Ukrainy*. 2017. № 8. S. 29-45. **33. Sherstiuk N.P., Khilchevskiy V.K.** Osoblyvosti hidrokhiimichnykh protsesiv u tekhnohennykh ta pryrodnykh vodnykh obiektakh Kryvbasu. *Dnipropetrovsk: Aktsent*, 2012. 263 s. **34. Pylypiuk V.V., Loboda N.S.** Dynamika khimichnoho skladu r. Psel ta otsinka yii yakosti. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*. 2010. T. 4(21). S. 125-134. **35. Loboda N.S., Pylypiuk V.V.** Dynamika khimichnoho skladu vody po dovzhyni r. Vorskla ta otsinka yii yakosti. *Visnyk Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu*. 2011. Vyp. 11. S. 178-189. **36. Loboda N.S., Pylypiuk V.V.** Otsenka ekolohycheskoho sostoianya rek Psel y Vorskla po urovniu yspolzovanyia vod v transhranychnoi zone «Rossiya-Ukrayna». *Visnyk Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu*. 2012. Vyp. 14. S. 151-159. **37. Loboda N.S., Pylypiuk V.V.** Zminy klimatu ta yikh mozhlyvi naslidky u formuvanni yakosti vod (na prykladi richok Psel ta Vorskla). *Visnyk Odeskoho*

derzhavnoho ekolohichnoho universytetu. 2017. Vyp. 22. S. 2-11. **38.** Shakhman I.O., Loboda N.S. Otsinka yakosti vody u stvori r. Inhulets – m. Snihurivka za hidrokhimichnymy pokaznykamy // Ukr. hidrometeorol. zhurnal. 2016. №17. S. 2-14. **39.** Daus M.Ie. Otsinka yakosti vod pry tok richky Prypiat (ukrainskoi chastyny) dlia rybohospodarskoho vykorystannia. Voda: problemy ta shliakhy vyryshennia. Zb. statei naukovo-praktychnoi konferentsii iz mizhnarodnoiu uchastiu, m. Rivne, 5-8 lytnia 2017 r. Zhytomyr. Vyd-vo ETs «Ukrekobiokon». 2017. S. 89-94. **40.** Daus M.Ie., Loboda N.S., Dycherenko Yu.L. Otsinka yakosti vody richky Desna za kompleksom hidrokhimichnykh pokaznykiv. Visnyk Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu. 2013. №16. S. 124-134. **41.** Daus M., Luzhanska D. Otsinka yakosti vody pryplyviv r. Desna za kompleksom hidrokhimichnykh pokaznykiv. Materialy XXVII Vseukrainskoi naukovoï internet-konferentsii «Vitchyzniana nauka na zlami epokh: problemy ta perspektyvy rozvytku», 17 lystopada 2016 r. Pereiaslav-Khmelnitskyi. 2016. S. 37-42. **42.** Daus M.Ie, Klykach N.V Otsinka yakosti vody u baseini richky Sula u roky riznoi vodnosti. Zb. Prats VI Vseukrainskoho zizdu ekolohiv z mizhnarodnoiu uchastiu (Ekolohiia/Ecology – 2017), 20–22 veresnia 2017. Vinnytsia. VNTU. 2017. S. 102. **43.** Almazov A.M. Hidrokhymia ustevukh oblastei rek. K.: Yzd-vo AN USSR, 1962. 256 s. **44.** Kharytonov M.M., Anisimova L.B. Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod baseinu richky Dnipro u Dnipropetrovskii oblasti. Ekolohiia i pryrodokorystuvannia. 2013. Vyp. 17. S.75-85.

Динаміка мінералізації і вмісту головних іонів у поверхневих водах басейну Дніпра за період 1990-2015 роки

Даус М.Є., Кічук Н.С., Романчук М.Є., Шакірзанова Ж.Р.

Проведені дослідження гідрохімічного режиму річок басейну Дніпра (в межах України) за багаторічний період спостережень (1990-2015 рр.) показали, що спостерігаються направлені тенденції до підвищення загальної мінералізації вод, які зменшуються вниз за течією річки. Середні багаторічні та середньорічні концентрації головних іонів відображають зміну фізико-географічних та кліматичних умов формування природних річкових вод у басейні Дніпра.

Ключові слова: мінералізація, головні іони, поверхневі води, багаторічні зміни.

Динамика минерализации и содержания главных ионов в поверхностных водах бассейна Днепра за период 1990-2015 годы

Даус М.Е., Кичук Н.С., Романчук М.Е., Шакирзанова Ж.Р.

Проведенные исследования гидрохимического режима рек бассейна Днепра (в пределах Украины) за многолетний период наблюдений (1990-2015 гг.) показали, что наблюдаются направленные тенденции к повышению общей минерализации вод, которые уменьшаются вниз по течению реки. Средние многолетние и среднегодовые концентрации главных ионов отражают изменение физико-географических и климатических условий формирования природных речных вод в бассейне Днепра.

Ключевые слова: минерализация, главные ионы, поверхностные воды, многолетние изменения.

Dynamics of mineralization and the content of the main ions in the surface waters of the Dnieper basin for the period of 1990-2015

Daus M.E., Kichuk N.S., Romanchuk M.E., Shakirzanova Zh.R.

Introduction. The problem of the hydrochemical and ecological state of water resources potential remains relevant to all regions of Ukraine. Determination of hydrochemical characteristics of the Dnipro River water is an important application task set by the national program for ecological improvement of the Dnieper River which aim is to develop a system of measures and mechanisms for their implementation to make the ecological regeneration of the Dnipro river and its tributaries.

The purpose is an estimation of qualitative and quantitative fluctuations of the hydrochemical regime of the Dnipro River (within Ukraine) during the long-term period.

Methods. The research of dynamics of long-term changes of mineralization and content of main ions in the river waters of the Dnipro basin (within Ukraine).

Results. In this paper, an analysis of the long-term changes in the hydrochemical regime of the Dnieper River with the average annual characteristics of total mineralization and the content of the main ions during the long-term period (from 1990 to 2015) has been made.

Conclusion. The research of the hydrochemical regime of the rivers of the Dnipro basin (within Ukraine) done for the long-term observation period (1990-2015) showed that there are directed tendencies towards an increase in the total mineralization of waters that decrease along the river's course.

The average long-term and average annual concentrations of main ions reflect the change in the physico-geographical and climatic conditions for the formation of natural river waters in the Dnipro basin. Moving downstream clearly shows the change in the values of mineralization and its constituents.

Keywords: mineralization, main ions, surface water, long-term changes.

Надійшла до редколегії 10.09.2018

УДК 556.114:546.56(282.247)

Линник П.М.¹, Скоблей М.П.², Жежеря В.А.¹

¹Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

²Державна екологічна інспекція у Закарпатській області, м. Ужгород

КОНЦЕНТРАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ МІЖ РІЗНИМИ ФРАКЦІЯМИ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У РІЧКАХ БАСЕЙНУ ТИСИ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ЇХНЬОГО ВИЛУЧЕННЯ

Ключові слова: важкі метали, завислі речовини, фракції металів, «мокре» спалювання, гідротермальна обробка, річки басейну Тиси.

Постановка та актуальність проблеми. Важкі метали, потрапляючи до поверхневих водних екосистем, розподіляються між різними абіотичними компонентами останніх та знаходяться у різних формах, зокрема у розчиненому стані у воді й поровому розчині, а також у складі завислих речовин (ЗР) і донних відкладів (ДВ) [8, 9]. Залежно від цього визначається їхня біологічна активність та хімічна реакційна здатність, що істотним чином проявляється на їхньому потенційному впливі на розвиток і життєздатність гідробіоти й трансформації співіснуючих форм металів. Стабільність металів у розчиненому стані залежить від низки чинників і процесів, що відбуваються у водному середовищі. Комплексоутворення за участю розчинених органічних речовин (РОР) сприяє підвищенню зазначеної стабільності металів і зниженню їхньої адсорбційної здатності. Переважне знаходження металів у складі ЗР характерне, передусім, для річкових вод, оскільки останні містять їх у значно більших кількостях, ніж водойми з уповільненим водообміном. Адсорбцію металів на ЗР слід розглядати як один з важливих шляхів зниження токсичності водного середовища через зменшення концентрації їхньої хімічно й біологічно активної фракції (гідратовані йони металів, комплекси з неорганічними лігандами, гідроксокомплекси тощо) [10]. У процесі транспортування метали поступово седиментуються разом із грубодисперсними частинками за умови зниження швидкості течії та накопичуються у донних відкладах і таким чином виводяться з водного середовища. Однак слід пам'ятати, що концентрація металів у складі грубодисперсних частинок завжди нижча, ніж у складі тонкодисперсних. Самоочищення водного середовища за рахунок седиментації може бути невідворотним або ж тривати певний період часу залежно від умов, що формуються на межі дотику води і донних відкладів [1, 7]. Це надзвичайно важливо з екологічних позицій. Водночас, тонкодисперсна завесь, що концентрує на своїй поверхні різноманітні хімічні речовини, у тому числі й метали, седиментує набагато повільніше і тому триваліший період часу знаходиться у водному середовищі, впливаючи певним чином на розвиток гідробіотів. Припускається, наприклад, що забруднені важкими металами ЗР становлять небезпеку для функціонування риб,

оскільки, потрапляючи до їхнього організму, метали можуть вивільнятися з їхнього складу та спричинювати токсичний вплив [4, 13]. Цілком вірогідно, що це стосується, передусім, тонкодисперсної фракції ЗР, яка найбільшою мірою концентрує важкі метали.

Концентрація важких металів у складі ЗР, зазвичай, у декілька разів перевищує їхній вміст у ДВ і в сотні разів більша, ніж у розчиненому стані [5, 11, 15]. Отже, відбувається концентрування металів з водної товщі, причому воно тим значніше, чим менший розмір частинок ЗР, оскільки у цьому випадку істотно зростає площа поверхні для адсорбції.

Дослідження металів у складі ЗР обмежуються найчастіше визначенням їхньої загальної концентрації і лише в окремих наукових публікаціях наявна інформація стосовно особливостей розподілу цієї групи компонентів між різними за розміром фракціями [6, 11]. Хоча така інформація набагато важливіша для розуміння процесів, що впливають на міграцію металів та трансформацію їхніх форм у воді і, зрештою, на їхню потенційну біодоступність для гідробіонтів.

Мета цієї роботи полягає в узагальненні результатів дослідження особливостей розподілу важких металів між різними фракціями завислих речовин, що містяться у річках гірського типу.

Матеріали і методи досліджень. Основні дослідження проводились на річках Тиса, Уж і Латориця. Проби води відбирались щомісячно протягом 2015–2017 рр. з поверхневого шару на глибині ~ 0,25–0,5 м в поліетиленові ємності місткістю 1 дм³. В найкоротші терміни після відбору їх фільтрували, використовуючи мембранні фільтри фірми «Schleicher & Schuell» з діаметром пор 0,45 мкм. Фільтри із зависсю висушували до постійної маси і зважували. Масу ЗР знаходили за різницею між масою фільтра із ЗР і масою самого фільтра. Після цього фільтри із зависсю обробляли в суміші концентрованих сульфатної (H₂SO₄, кваліфікації «х. ч.», виробництва ВАТ Сумихімпром) й нітратної (HNO₃, кваліфікації «ос. ч.», фірма Lachema) кислот при нагріванні, добиваючись максимального розчинення ЗР. Цю першу стадію обробки ЗР називають «мокрим» спалюванням, що найчастіше використовується для руйнування ЗР й вивільнення металів з їхнього складу. Залишок ЗР після стадії «мокрого» спалювання зазнавав гідротермальної обробки в лужному середовищі (3,2 моль/дм³ NaOH) при нагріванні в сталевому автоклаві з фторопластовим тиглем у муфельній печі до 230°C протягом 4,5–5 год (друга стадія пробопідготовки). На цій стадії досягалось повне розчинення ЗР і, відповідно, вилучення металів. Детальний опис методики двостадійної пробопідготовки ЗР наведено в [2, 14]. В отриманих після першої й другої стадій пробопідготовки ЗР розчинах визначали концентрацію досліджуваних металів методом атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією. Використовували спектрофотометр ContrAA700, в якому джерелом стабільного й інтенсивного випромінювання була ксенонова лампа, спектр випромінювання якої безперервний у спектральному діапазоні 190–900 нм. Детектор ССД-матричний з підвищеною УФ-чутливістю і високою квантовою ефективністю. На підставі результатів визначення маси ЗР та концентрації металів у розчинах після їхнього вилучення на першій і другій стадіях пробопідготовки розраховано вміст цих компонентів у складі ЗР в мкг/г сухої маси ЗР.

Результати досліджень та їхнє обговорення. Перед тим, як перейти до обговорення отриманих результатів, варто зазначити, що широко вживане у практиці гідрохімічних лабораторій «мокре» спалювання ЗР з використанням концентрованих сульфатної і нітратної кислот не забезпечує повного вилучення металів з їхнього складу. Найімовірніше, у процесі такої обробки ЗР вилучається

лише певна частина металів. Її частка може бути більшою або меншою залежно від походження (природи) ЗР та міцності зв'язування металів з їхньою поверхнею. За дії концентрованих кислот при нагріванні вилучаються, передусім, метали, що знаходяться в органічній складовій ЗР (водорості і продукти їхньої деструкції, детрит тощо) або ж адсорбовані на поверхні та слабо зв'язані її адсорбційними центрами. Метали, що знаходяться в кристалічних ґратках мінеральних частинок, вивільняються лише за умови їхнього руйнування в більш жорстких умовах, наприклад, у процесі сплавляння. Повне переведення залишку ЗР, що не розчинився при «мокрому» спалюванні, в розчинений стан та перехід металів у розчинну форму досягалось нами у процесі його гідротермальної обробки, описаної вище.

Результати проведених досліджень наведено на рис. 1. Видно, що вміст досліджуваних металів у складі ЗР варіює в широких межах, причому у воді р. Тиси він значно більший, ніж у річках Уж і Латориця. Високі концентрації металів зумовлені, напевно, тим, що аналізувались переважно тонкодисперсні частинки ЗР, оскільки вміст самих ЗР у воді був невисоким як для річок гірського типу. Слід зазначити, що високим вмістом металів у складі ЗР характеризуються і деякі інші річки. Як приклад можна навести р. Дунай, до якої впадає р. Тиса. У складі ЗР р. Дунаю концентрація металів знаходилась в таких межах: Cd – 1,1–7,6 мкг/г, Cu – 28,3–193,7, Pb – 18,2–85,0, Zn – 99–398, Ni – 23,2–89,8 і Cr – 32,9–107,5 мкг/г [12]. Характерно, що в ЗР приток Дунаю концентрації цих же металів, за винятком Cu, виявились ще більшими: Cd – 1,1–25,6 мкг/г, Cu – 26,9–95,5, Pb – 17,3–214,9, Zn – 87–2224, Ni – 32,6–170,9 і Cr – 55,0–148,9 мкг/г [12].

Досліджувані нами річки переносять значні кількості ЗР, зазвичай, після паводків, тому в ці періоди у їхньому складі домінує грубодисперсна завись, яка згодом седиментує. За високого вмісту ЗР концентрація металів у їхньому складі істотно знижується. Так, наприклад, за вмісту ЗР у воді річок Тиса й Уж в межах 105–278 мг/дм³ концентрація Cd(II) становила 0,30–0,35 мкг/г сухої маси зависі, Cu(II) – 8,6–9,8, Pb(II) – 5,8–7,6, Zn(II) – 10,2–23,0, Ni(II) – 10,4–12,2 і Cr(III) – 7,2–14,6 мкг/г. Отже, у цьому випадку можна стверджувати про міграцію металів у річковому потоці переважно у складі грубодисперсних частинок піску та гравію, а вони, як відомо, характеризуються низькою адсорбційною здатністю. Виявилось також, що за таких умов переважна частина металів вивільнялась зі складу ЗР на першій стадії їхньої обробки, тобто у процесі «мокрого» спалювання (91,4–93,3% Cd_{зав.}, 61,9–93,3% Cu_{зав.}, 75,2–91,0% Pb_{зав.}, 87,4–89,0% Zn_{зав.}, 69,6–95,2% Ni_{зав.} і 64,4–73,3% Cr_{зав.}).

Цілком очевидно, що за відсутності опадів уміст ЗР характеризується низькими показниками, а в їхньому складі переважають тонкодисперсні частинки, яким притаманна висока адсорбційна здатність. Саме завдяки цьому концентрація металів у їхньому складі достатньо висока.

Аналіз отриманих результатів досліджень дав можливість виявити деякі особливості міжфракційного розподілу досліджуваних металів. Для кадмію, в цілому характерне те, що більша його частина вилучається у процесі «мокрого» спалювання. Це ж саме слід відмітити для цинку, плюмбуму та нікелю. Водночас, купрум і певною мірою хром знаходяться переважно в структурі мінеральних частинок, тому вилучаються з них лише після гідротермальної обробки нерозчинного залишку ЗР.

Нами проведено розрахунки масової частки металів, що вилучаються у процесі першої та другої стадій обробки ЗР, результати яких наведено нижче (рис. 2). З'ясувалось, що в досліджуваних річках басейну Тиси Cd(II), Pb(II), Ni(II) і Zn(II) переносяться ЗР здебільшого як адсорбовані на поверхні завислих частинок та такі, що містяться в органічній складовій останніх. Їхня масова частка становить у

середньому 56,4% $Cd_{зав}$, 59,9% $Pb_{зав}$, 59,5% $Ni_{зав}$ та 63,1% $Zn_{зав}$. На відміну від зазначених металів, $Cu(II)$ і $Cr(III)$ структурно зв'язані з мінеральними частинками ЗР, тому ці метали вивільняються в основному на другій стадії пробопідготовки. За середніми показниками їхня масова частка у складі останніх становить 64,2% $Cu_{зав}$ та 53,8% $Cr_{зав}$.

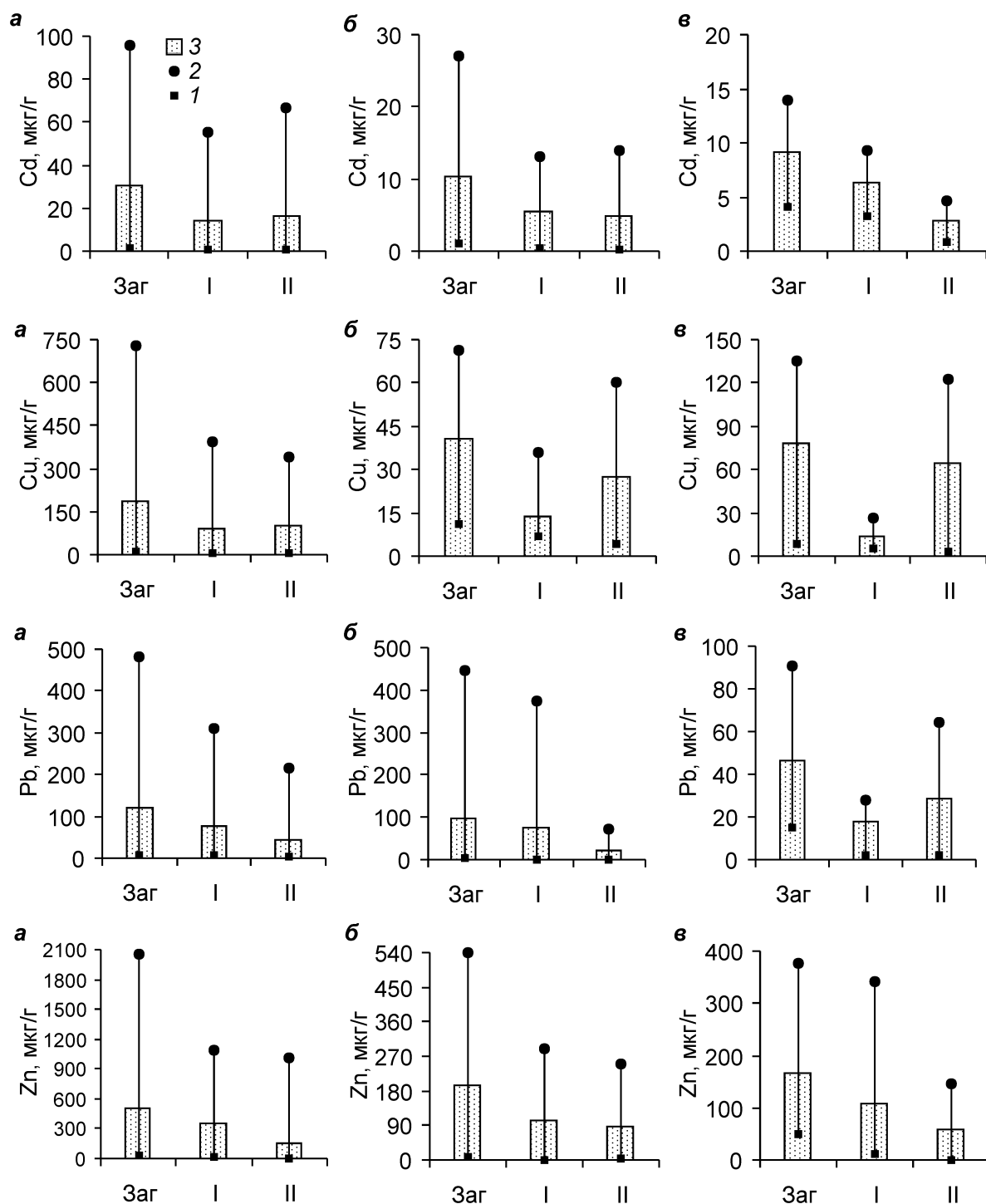


Рис. 1. Граничні (1, 2) та усереднені (3) величини вмісту металів у складі ЗР у воді річок Тиса (а), Уж (б) і Латориця (в): Заг – загальний вміст, I і II – вміст металів відповідно після першої та другої стадій обробки ЗР.

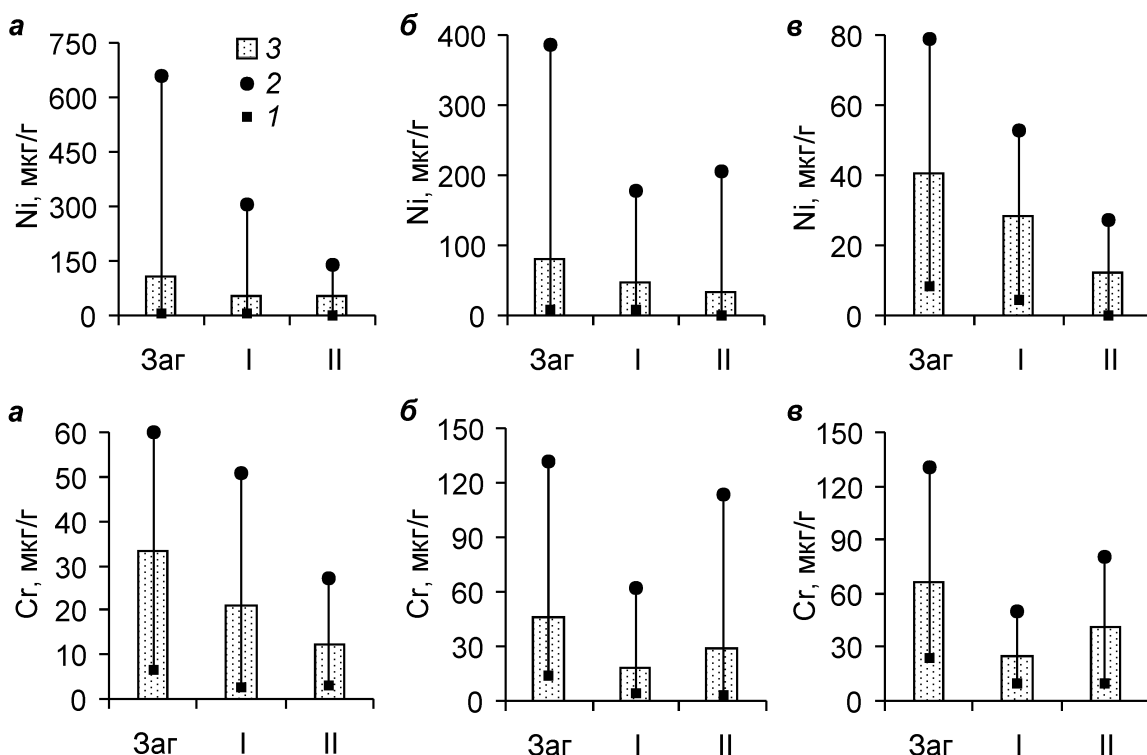


Рис. 1 (продовження). Граничні (1, 2) та усереднені (3) величини вмісту металів у складі ЗР у воді річок Тиса (а), Уж (б) і Латориця (в): Заг – загальний вміст, I і II – вміст металів відповідно після першої та другої стадій обробки ЗР.

Для порівняльної оцінки вмісту металів у ЗР і ДВ досліджуваних річок нижче (рис. 3) наведено результати досліджень їхньої концентрації у складі останніх. Як видно, вони істотно відрізняються між собою (див. також рис. 1). У ДВ концентрація металів виявилась значно нижчою порівняно із ЗР. Це зумовлено тим, що для аналізу було відібрано в основному проби піску та гравію, а в цих субстратах вміст металів, зазвичай, найнижчий. Водночас, концентрація металів у складі ЗР приблизно така ж низька, як і у ДВ, за умови зростання вмісту завислих частинок у воді під час повеней або паводків. Про це вже йшлося вище, і саме результати дослідження ДВ підтверджують наш висновок про домінування у складі ЗР грубодисперсних частинок за високого їхнього вмісту у воді річок.

Отже, на підставі аналізу результатів проведених досліджень стає очевидним, що компонентний склад ЗР та розмір частинок істотним чином впливають не лише на концентрацію металів, але й на їхній міжфракційний розподіл. Результати нещодавно проведених досліджень стосовно концентрації Cu(II) у складі різних за розміром фракцій ЗР, вилучених з води озера Нижній Тельбін (м. Київ), показали, що її величини істотно відрізняються. Так, у фракції завислих частинок з розміром $>0,85$ мкм концентрація Cu(II) становила 31,4–46,0 мкг/г, у фракції 0,40–0,85 мкм – 89,5–233,0, а у фракції $>0,23$ –0,40 мкм – 900–2100 мкг/г. Це ще раз підтверджує висновок про те, що саме тонкодисперсні частинки зависі найбільше збагачені металами.

В низці наукових публікацій також зазначається, що зі зниженням вмісту ЗР концентрація металів у їхньому складі помітно збільшується [3, 11]. Пояснюється це тим, що за таких умов зростає роль тонкодисперсної зависі, передусім колоїдної фракції ЗР, в адсорбції, накопиченні й транспортуванні металів.

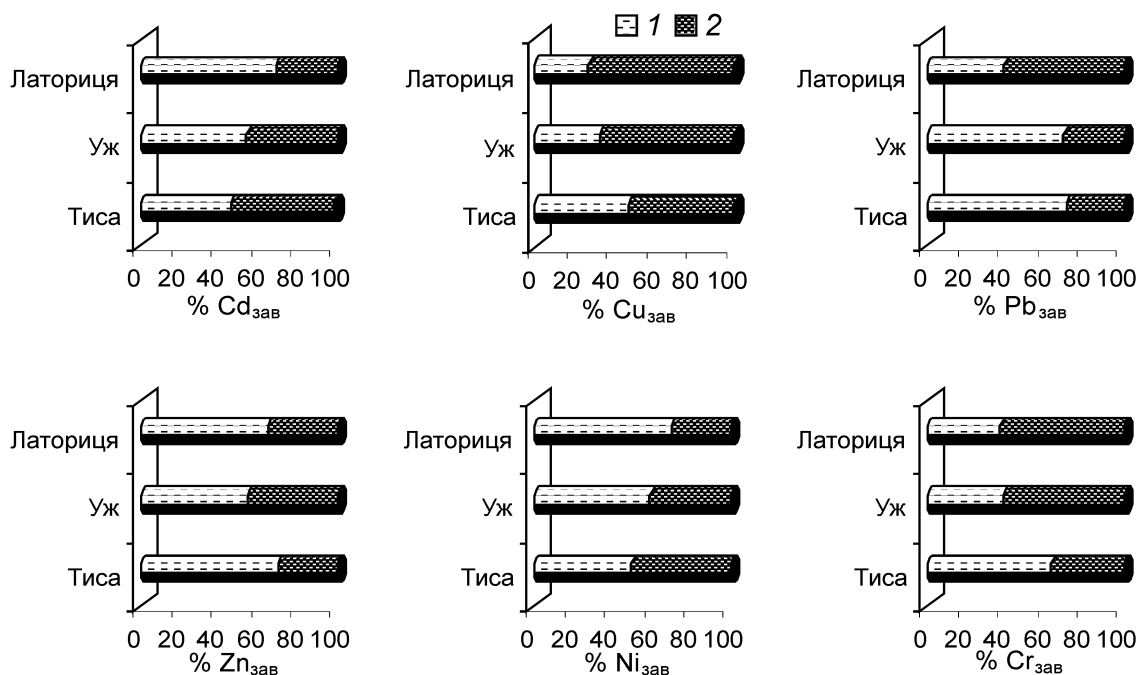


Рис. 2. Масова частка металів у складі фракцій ЗР залежно від способу їхнього вилучення (1 – «мокре» спалювання ЗР в суміші концентрованих кислот, 2 – гідротермальна обробка залишку ЗР після «мокрого» спалювання у сильно лужному середовищі)

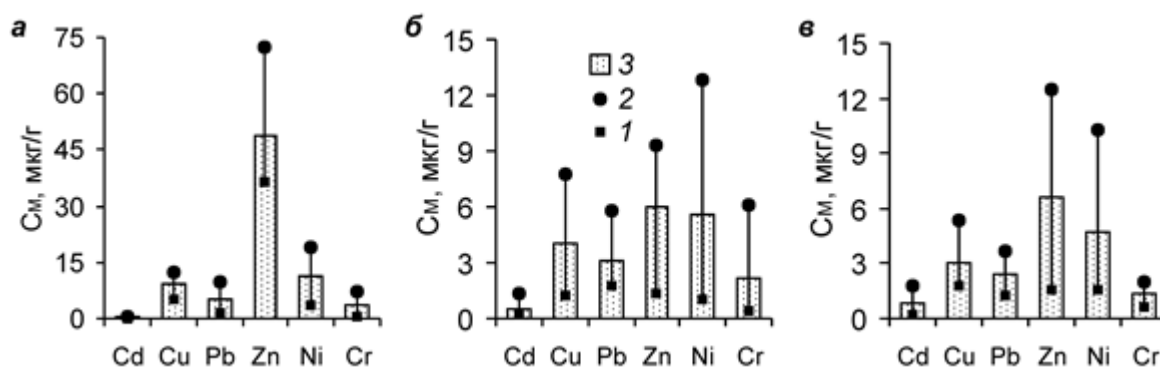


Рис. 3. Граничні (1, 2) та усереднені (3) величини вмісту металів у складі ДВ річок Тиса (а), Уж (б) і Латориця (в)

Висновки. Концентрація важких металів (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) у складі завислих речовин річок Тиса, Уж і Латориця знаходиться в широких межах та значно перевищує їхній вміст у донних відкладах (у середньому на порядок величин). Причина такої різниці зумовлена тим, що завислі речовини у воді зазначених річок представлені переважно тонкодисперсними частинками, тоді як донні відклади – грубодисперсними частинками піску і гравію з низьким вмістом металів. Саме розмір частинок істотним чином впливає на їхню адсорбційну здатність та накопичення металів у їхньому складі. Тонкодисперсні частинки зависі характеризуються найбільшою адсорбційною здатністю, що й зумовлює накопичення значно більших кількостей металів. Повне вилучення металів зі складу завислих речовин досягається після двохстадійної їхньої обробки спочатку в суміші концентрованих сульфатної і нітратної кислот (стадія «мокрого» спалювання), а потім після нагрівання залишку зависі в лужному середовищі (3,2 моль/дм³ NaOH) в сталевому автоклаві з фторопластовим тиглем у муфельній печі до 230°C протягом 4,5–5 год

(стадія гідротермальної обробки). Залежно від зазначених способів вилучення металів із зависі було досліджено особливості їхнього розподілу між фракціями завислих речовин. Результати досліджень показали, що переважна частина Cd, Pb, Zn і Ni переходить в розчин на першій стадії обробки завислих речовин, тобто після «морого» спалювання. Тому можна стверджувати, що ці метали були адсорбовані на поверхні завислих речовин та входили до складу органічної складової зависі. Водночас, Cu і Cr домінували у складі мінеральних завислих речовин, знаходячись, ймовірно, у кристалічній ґратці останніх. Їхнє вилучення досягається лише за умови повного руйнування мінеральної зависі. Порівняно невеликий вміст завислих речовин у воді досліджуваних річок свідчить про домінування у їхньому складі тонкодисперсних частинок з високою адсорбційною здатністю щодо металів.

Список літератури

1. 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. 2. Пат. 107989 Україна, МПК⁵¹ (2015.01) G 01 N 1/00, G 01 N 33/18, G 01 N 33/24 Спосіб двостадійної обробки проб завислих речовин і донних відкладів; винахідник: Линник П.М., Жежеря В.А., Дика Т.П.; власник Інститут гідробіології НАН України. № а 2013 05219; заяв. 23.04.2013; опубл. 10.03.15, Бюл. № 5. 3. Douglas G.B., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and concentration of suspended particulate matter in natural waters. Hydrological processes, 1993. Vol. 7. P. 177–191. 4. Farag A.M., Boese C.J., Woodward D.F., Bergman H.L. Physiological changes and tissue metal accumulation in rainbow trout exposed to foodborne and waterborne metals. Environ. Toxicol. Chem., 1994. Vol. 13, N 12. P. 2021–2029. 5. Juračić M., Vitturi L.M., Rabitti S., Rampazzo G. The role of suspended matter in the biogeochemical cycles in the Adige river estuary (Northern Adriatic Sea). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1987. Vol. 24. P. 349–362. 6. Karlsson S., Peterson A., Häkansson K., Ledin A. Fractionation of trace metals in surface water with screen filters. Sci. Total Environ., 1994. Vol. 149. P. 215–223. 7. Linnik P. M., Zubenko B. Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy metals compounds. Lakes and Reservoirs: Research and Management, 2000. Vol. 5, N . P. 11–21. 8. Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 270 p. 9. Pintilie S., Brânză L., Bețianu C. et al. Modelling and simulation of heavy metals transport in water and sediments. Environmental Engineering and Management Journal, 2007. Vol. 6, N 2. P. 153–161. 10. Pyle G.G., Swanson S.M., Lehmkuhl D.M. The influence of water hardness, pH, and suspended solids on nickel toxicity to larval fathead minnows (*Pimephales promelas*). Water, Air, and Soil Pollution, 2002. Vol. 133. P. 215–226. 11. Ran Y., Fu J.M., Sheng G.Y., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and composition of colloidal and suspended particulate materials in rivers. Chemosphere, 2000. Vol. 41. P. 33–43. 12. Voitke P., Wellmitz J., Helm D. et al. Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube. Chemosphere, 2003. Vol. 51. P. 633–642. 13. Weltens R., Goossens R., Van Puymbroeck S. Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (*Daphnia magna*). Arch. Environ. Contam. Toxicol., 2000. Vol. 39. P. 315–323. 14. Zhezherya V.A., Linnik P.N., Zhezherya T.P., Skobley M.P. Methodical peculiarities of the preparation of samples of suspended matter and bottom sediments. Hydrobiol. J., 2016. Vol. 52, N 2. P. 83–100. 15. Zhu G.W., Ghi Q.Q., Qin B.Q., Wang W.M. Heavy metal contents in suspended solids of Meiliang Bay, Taihu Lake and its environmental significances. J. Environ. Sci., 2005. Vol. 17, N 4. P. 672–675.

References

1. Denisova A.I., Nakhshina Ye.P., Novikov B.I., Ryabov A.K. Donnyye otlozheniya vodokhranilishch i ikh vliyaniye na kachestvo vody. Kiyev: Nauk. dumka, 1987. 164 s.(in Russian). 2. Pat. 107989 Ukrayina, MPK⁵¹ (2015.01) G 01 N 1/00, G 01 N 33/18, G 01 N 33/24 Sposib dvostadiynoyi obrobky prob zavyslykh rehovyn i donnykh vidkladiv; vynakhidnyk: Lynnyk P.M., Zhezherya V.A., Dyka T.P.; vlasnyk Instytut hidrobiolohiyi NAN Ukrayiny. № а 2013 05219; zayav 23.04.2013; opubl. 10.03.15, Byul. № 5 (in Ukrainian). 3. Douglas G.B., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and concentration of suspended particulate matter in natural waters. Hydrological

processes, 1993. Vol. 7. P. 177–191. **4.** Farag A.M., Boese C.J., Woodward D.F., Bergman H.L. Physiological changes and tissue metal accumulation in rainbow trout exposed to foodborne and waterborne metals. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1994. Vol. 13, N 12. P. 2021–2029. **5.** Juračić M., Vitturi L.M., Rabitti S., Rampazzo G. The role of suspended matter in the biogeochemical cycles in the Adige river estuary (Northern Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1987. Vol. 24. P. 349–362. **6.** Karlsson S., Peterson A., Håkansson K., Ledin A. Fractionation of trace metals in surface water with screen filters. *Sci. Total Environ.*, 1994. Vol. 149. P. 215–223. **7.** Linnik P. M., Zubenko B. Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy metals compounds. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 2000. Vol. 5, N . P. 11–21. **8.** Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 270 p. **9.** Pintilie S., Brânză L., Bețianu C. et al. Modelling and simulation of heavy metals transport in water and sediments. *Environmental Engineering and Management Journal*, 2007. Vol. 6, N 2. P. 153–161. **10.** Pyle G.G., Swanson S.M., Lehmkuhl D.M. The influence of water hardness, pH, and suspended solids on nickel toxicity to larval fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Water, Air, and Soil Pollution*, 2002. Vol. 133. P. 215–226. **11.** Ran Y., Fu J.M., Sheng G.Y., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and composition of colloidal and suspended particulate materials in rivers. *Chemosphere*, 2000. Vol. 41. P. 33–43. **12.** Voitke P., Wellmitz J., Helm D. et al. Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube. *Chemosphere*, 2003. Vol. 51. P. 633–642. **13.** Weltens R., Goossens R., Van Puymbroeck S. Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (*Daphnia magna*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2000. Vol. 39. P. 315–323. **14.** Zhezherya V.A., Linnik P.N., Zhezherya T.P., Skobley M.P. Methodical peculiarities of the preparation of samples of suspended matter and bottom sediments. *Hydrobiol. J.*, 2016. Vol. 52, N 2. P. 83–100. **15.** Zhu G.W., Ghi Q.Q., Qin B.Q., Wang W.M. Heavy metal contents in suspended solids of Meiliang Bay, Taihu Lake and its environmental significances. *J. Environ. Sci.*, 2005. Vol. 17, N 4. P. 672–675.

Концентрация и особенности распределения тяжелых металлов среди различных фракций взвешенных веществ в реках бассейна Тисы в зависимости от способа их извлечения

Линник П.Н., Скоблей М.П., Жежеря В.А.

Обобщены результаты исследований распределения тяжелых металлов (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) среди различных фракций взвешенных веществ в реках Тиса, Уж и Латорица в зависимости от способа их извлечения из состава последних. Показано, что стадия «мокрого» сжигания взвесей (первая стадия пробоподготовки) способствует извлечению определенной части металлов, адсорбированных на поверхности взвешенных частичек или находящихся в органической составляющей последних. На второй стадии пробоподготовки (гидротермальная обработка остатка взвешенных веществ) переходит в растворенное состояние та часть металлов, которая находится в кристаллической решетке минеральных взвешенных частичек. Выявлены особенности распределения исследованных металлов среди указанных фракций взвешенных веществ. Если большая часть Cd, Pb, Zn и Ni извлекается в процессе «мокрого» сжигания, то это не является характерным для Cu и Cr, переходящих в раствор лишь после гидротермальной обработки остатка взвеси. Установлено также, что концентрация тяжелых металлов в составе взвешенных веществ была значительно больше, чем их содержание в донных отложениях исследованных рек. Это обусловлено тем, что анализировались преимущественно тонкодисперсные взвешенные вещества со свойственной им высокой адсорбционной способностью относительно тяжелых металлов, а донные отложения были представлены грубодисперсными частицами с низким содержанием металлов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, взвешенные вещества, фракции металлов, «мокрое» сжигание, гидротермальная обработка, реки бассейна Тисы.

Концентрація та особливості розподілу важких металів між різними фракціями завислих речовин у річках басейну Тиси залежно від способу їхнього вилучення

Линник П.М., Скоблей М.П., Жежеря В.А.

Узагальнено результати досліджень розподілу важких металів (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) між різними фракціями завислих речовин у річках Тиса, Уж і Латорица залежно від способу їхнього вилучення зі складу останніх. Показано, що стадія «мокрого» спалювання зависей (перша стадія

пробопідготовки) сприяє вилученню певної частини металів, що адсорбовані на поверхні завислих частинок або ж знаходяться в органічній складовій останніх. На другій стадії пробопідготовки (гідротермальна обробка залишку завислих речовин) переходить в розчинений стан та частина металів, яка знаходиться у кристалічній ґратці мінеральних завислих частинок. Виявлено особливості розподілу досліджуваних металів між зазначеними фракціями завислих речовин. Якщо більша частина Cd, Pb, Zn і Ni вилучається у процесі «мокрого» спалювання, то це не характерно для Cu і Cr, що переходять в розчин лише після гідротермальної обробки залишку зависі. Встановлено також, що концентрація важких металів у складі завислих речовин була значно більшою від їхнього вмісту у донних відкладах досліджуваних річок. Це зумовлено тим, що аналізувались переважно тонкодисперсні завислі речовини, яким притаманна висока адсорбційна здатність щодо важких металів, а донні відклади були представлені ґрубодисперсними частинками з низьким вмістом металів.

Ключові слова: важкі метали, завислі речовини, фракції металів, «мокре» спалювання, гідротермальна обробка, річки басейну Тиси.

Concentration and features of heavy metal distribution among various fractions of suspended solids in the rivers of the Tisza River basin depending on the method of their extraction

Linnik P.N., Skoble M.P., Zhezhera V.A.

The results of studies of the distribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) among various fractions of suspended solids in the Tisa, Uzh and Latoritsya rivers depending on the method of their extraction from the its are generalized. It is shown that the stage of "wet" combustion of suspended solids (the first stage of sample preparation) promotes extraction of the certain part of metals which are adsorbed on the surface of suspended particles or being in its organic component. At the second stage of sample preparation (hydrothermal processing of the residue of suspended solids), the part of metals that is in the crystal lattice of mineral suspended particles passes into a dissolved state. The features of the distribution of the investigated metals among these fractions of suspended solids are revealed. If the majority of Cd, Pb, Zn and Ni is taken due to wet combustion, this is not characteristic of Cu and Cr, passing into the solution only after hydrothermal treatment of the suspension rest. It was also established that the concentration of heavy metals in suspended solids was significantly greater than their content in the bottom sediments of the investigated rivers. This is due to the fact that mostly finely dispersed suspended solids were analyzed with their inherent high adsorption capacity concerning heavy metals, and bottom sediments were represented by coarsely dispersed particles with a low metal content.

Keywords: heavy metals, suspended solids, metal fractions, "wet" combustion, hydrothermal processing, rivers of the Tisza River basin.

Надійшла до редколегії 12.09.2018

УДК [556.114:556.55](285.2)(477.82)

Морозова А.А.

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФОРМ АЗОТА И ФОСФОРА В ВОДОЕМАХ ШАЦКОГО НПП

Ключевые слова: Шацкий НПП, неорганические формы азота (аммонийный, нитратный и нитритный), фосфат-ионы, сезонная динамика.

Введение. На территории Украины расположено много озерных систем. Но, без сомнения, именно Шацкие озера, как одна из наибольших озерных систем Европы и водная составляющая Шацкого Национального Природного Парка, вызывают особенный интерес. Шацкий Национальный Природный Парк (НПП) был основан в 1983 г. с целью сохранения уникального озерного комплекса, а также редких видов растительного и животного мира, ареалом проживания которых является данный регион. Основная часть парка расположена на водоразделе рек Западный Буг и Припять. Главный Европейский водораздел, проходящий здесь, отделяет озера от р. Припять, в связи с чем, они относятся уже не к бассейну р.

Днепр, а к водосбору р. Западный Буг. Характерной особенностью данного региона является распространение меловых отложений, располагающихся на незначительных глубинах и обуславливающих развитие карстовых процессов [2,3,11].

В современных пределах парка находится 22 озера, общей площадью 66 км², в том числе и самое глубоководное на Украине озеро естественного происхождения – Свитязь. Наличие озер – одна из основных особенностей, которые определяют своеобразие Шацкого НПП. Водоемы различны не только по своему происхождению. Часть из них (Свитязь, Песочное) являются озерами карстового происхождения, другие (Черное Большое, Крымно, Люцимер и др.) – занимают унаследованные котловины в меловой поверхности, но и морфометрическими, гидрологическими, гидробиологическими показателями, а также степенью антропогенного воздействия.

Особенностью гидрологического режима Шацких озер является достаточно стабильное (с незначительным колебанием) положение уровня воды. Питание водоемов происходит главным образом за счет атмосферных осадков и грунтовых вод. Шацкие озера в своем большинстве являются водоемами замедленного водообмена, слабопроточными и наименее проточными среди всех исследованных водоемов Украины. Наибольшим периодом внешнего водообмена характеризуются озера Свитязь и Песочное, период которого составляет приблизительно 9 лет [10,11].

До 90-х годов XX века озерные системы Шацкого НПП находились в зоне незначительного антропогенного действия, что определяло достаточно благоприятное экологическое состояние всей системы. Однако последующий период выделялся значительным усилением антропогенного влияния. Проведение широкомасштабных мелиоративных работ привело к изменению гидрологического режима озер, а именно: снижение уровня воды в них, с одной стороны, а с другой, к нарушению режима грунтовых вод [11]. В то же время понижение уровня воды в водоемах повлияло на интенсификацию процесса как естественного, так и антропогенного евтрофирования.

Цель работы. В связи с происходящими изменениями экологического состояния водоемов Шацкого НПП, изучение особенностей их гидрохимического режима, и в первую очередь, режима и динамики биогенных веществ является одним из основных направлений исследования озер с целью сохранения всей озерной системы парка.

Материалы и методы исследований. Работа является продолжением многолетних исследований, результаты которых были опубликованы ранее [4,5,6,7,9]. В данной статье работе представлены собственные натурные данные, полученные в 2016 г.

С целью выяснения особенностей формирования режима, динамики и соотношения разных форм биогенных веществ, в первую очередь, минерального азота и фосфора, исследования проводились на водоемах, которые принадлежат к разным, как по морфометрическим, так и гидробиологическим показателям группам. А именно: озера Свитязь, Песочное и Перемут относятся к группе больших, глубоких, стратифицированных, слабо минерализованных озер с невысокой степенью трофности. Озера Люцимер и Крымно - мезотрофные, оз. Черное Большое - малый (глубиной менее 2 м) евтрофный водоем. Озеро Соминец принадлежит к группе небольших мелких водоемов, расположенных в зоне существенного антропогенного воздействия и находящегося на последней стадии мезотрофии [8].

Пробы для определения неорганических форм азота и фосфат-ионов отбирались ежемесячно с поверхностного и придонного горизонтов батометром Молчанова. Определение биогенных веществ проводилось по общепринятым в гидрохимической практике методикам О.А. Алекина [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Формирование химического состава воды Шацких озер обусловлено многими факторами, основными из которых являются гидрометеорологические, морфометрические и гидробиологические. В значительной степени химический состав Шацких озер определяется минералогическим составом подстилающих пород.

Основной особенностью озер, как водоемов замедленного водообмена, является способность накопления в их водной толще значительного количества органического вещества, что, в свою очередь, обуславливает повышение уровня их трофности. В свою очередь, повышение уровня трофии определяет изменения некоторых химических и физических показателей водной среды, определяя изменение ее качества. Усиление процесса антропогенного евтрофирования Шацких озер выразилось в значительном изменении концентраций биогенных компонентов, и в первую очередь, соединений азота и фосфора, от которых зависит уровень развития и жизнедеятельности гидробионтов.

Наблюдения показали, что озера, которые принадлежат к разным группам, имеют свои особенности сезонной динамики содержания форм неорганического азота (аммонийного, нитратного и нитритного). Сезонная динамика концентраций аммонийной (в большей степени) и нитритной (в меньшей) форм неорганического азота в водоемах, которые принадлежат к первой группе имела тенденцию постепенного увеличения от зимнего периода к осеннему. В то же время, на фоне повышения концентраций аммонийного и нитритного азота, наблюдалось снижение содержания нитратных ионов (рис.1).

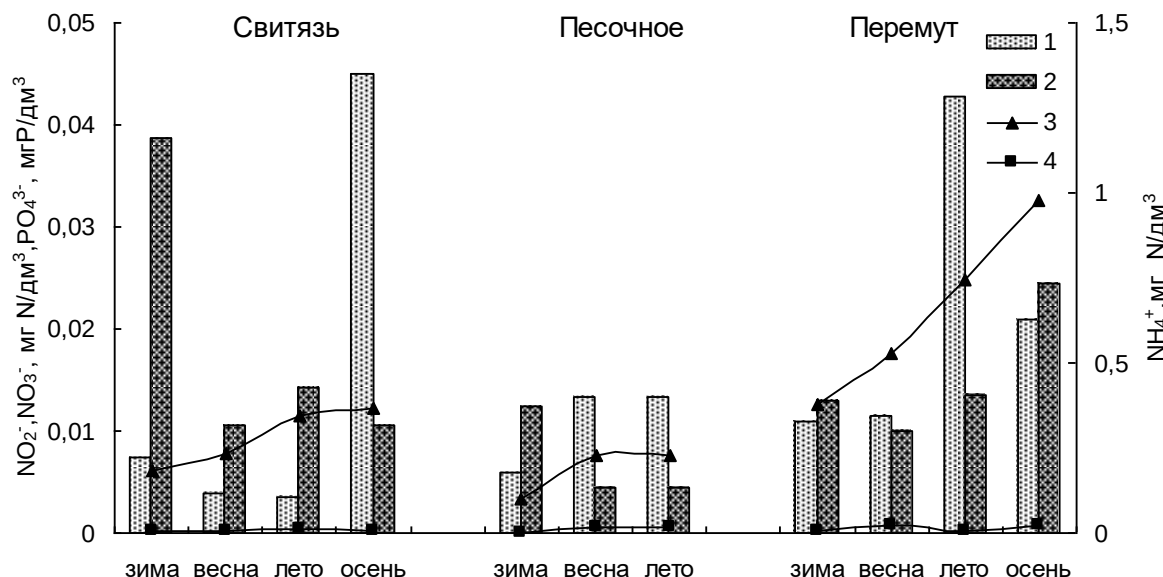


Рис.1. Сезонная динамика форм минерального азота и фосфора в воде оз. Свитязь, оз. Песочное и оз. Перемут в 2016 г.: 1 – нитратный азот, NO_3^- , мг N/дм³; 2 – нитритный, NO_2^- , мг N/дм³; 3 – аммонийный азот, NH_4^+ , мг N/дм³; 4 – фосфат-ионы, PO_4^{3-} , мг P/дм³.

Исходя из того, что нитритные ионы являются промежуточным неустойчивым продуктом в процессе нитрификации, появление их повышенных концентраций

может свидетельствовать об усилении процесса разложения органических остатков и задержку окисления NO_2^- к NO_3^- , что в свою очередь определяет степень загрязнения водоемов. Именно поэтому максимальные концентрации аммонийного и нитратного азота наблюдались в оз. Перемут, расположенного в зоне существенного антропогенного влияния. С другой стороны, оз. Свитязь также находится в зоне антропогенного загрязнения, но его морфометрические характеристики, в первую очередь, площадь и объем, значительно улучшают его самоочистительную способность.

Нитратные ионы являются одним из конечных продуктов процесса минерализации органического вещества, который протекает лишь в аэробных условиях. Поэтому, на фоне увеличения концентраций других форм азота, незначительные изменения концентрации нитратов в ту или другую сторону может свидетельствовать, с одной стороны, об ухудшении газового режима водоемов, а с другой, вероятно, о наличии процесса денитрификации, который обуславливает ухудшение условий жизнедеятельности гидробионтов. Как показали исследования, состояние газового режима Шацких озер нельзя в полной мере отнести к благополучному. В 1988 г. в таких озерах, как Свитязь и Песочное наблюдались участки, приуроченные к максимальным глубинам, дефицит растворенного в воде кислорода на которых составил 2-4 мг/дм³. Наиболее благоприятным кислородным режимом отличались озера Черное Большое, Люцимер и Перемут (до 10,0 мг/дм³) [10]. Однако современный период характеризовался ухудшением газового режима. Так, содержание растворенного в воде кислорода в таких водоемах, как оз. Песочное и Перемут уменьшилось почти в два раза, соответственно с 7,6 до 3,36 и с 9,91 до 5,49 мг/дм³. Вероятно, подобная тенденция наблюдалась и в других озерах парка.

Противоположная картина сезонной динамики неорганического азота наблюдается в водоемах второй группы, которые имеют больший уровень трофности и находятся в зоне повышенного антропогенного влияния. Так в озерах Люцимер и Крымно, сезонная динамика содержания нитратного азота совпадала с динамикой его нитритной формы и характеризовалась повышением от зимы к лету и постепенным снижением (более существенным для нитратной формы и менее значимым для нитритной) к осени. Что происходит на фоне незначительного повышения содержания аммонийного азота (рис.2). Вероятно, что значительное повышенные концентрации форм минерального азота, которые наблюдались в воде оз. Крымно, обусловлены особенностями гидробиологического режима и степенью антропогенной нагрузки.

Из-за того, что оз. Люцимер связано с оз. Перемут, сезонные изменения содержания форм неорганического азота в воде водоемов практически совпадали (рис. 1, 2). Повышение антропогенной нагрузки обуславливает ухудшение самоочистительной способности водоемов и ухудшение их экологического состояния. Именно об интенсификации процесса антропогенного евтрофирования свидетельствует и изменение концентрации в воде как нитратной, так и аммонийной форм минерального азота. Еще в 80-х годах наблюдалось существенное увеличение содержания этих форм азота в почвенных водах [11]. Еще более значимое ухудшение экологического состояния водных масс наблюдалось в оз. Соминец, что обусловлено, в первую очередь, его морфометрическими характеристиками и степенью антропогенной нагрузки. В результате именно данный водоем характеризуется максимальным содержанием нитритных ионов (рис. 3).

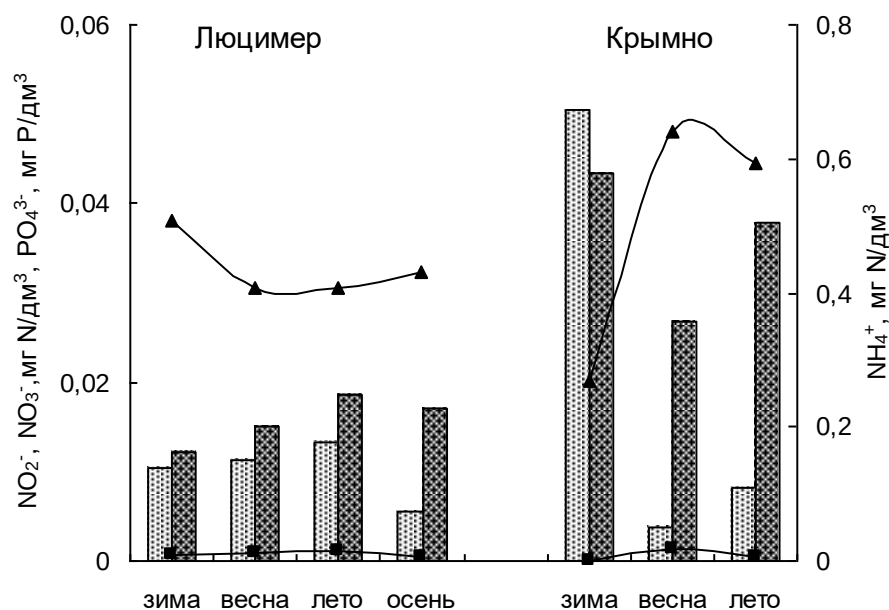


Рис.2. Сезонная динамика форм минерального азота и фосфора в воде оз. Люцимер, оз. Крымно в 2016 г.: 1, 2, 3, 4 – см. Рис.1.

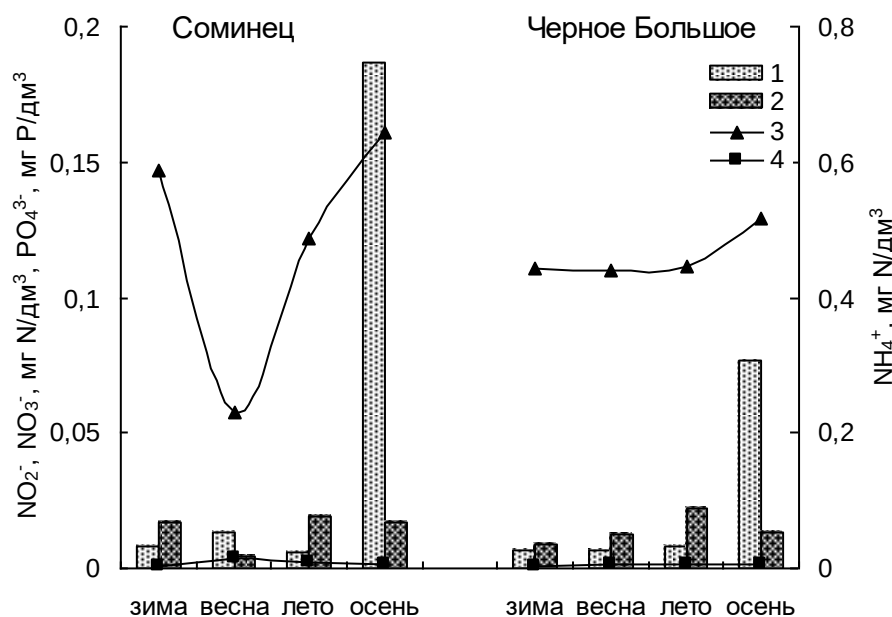


Рис.3. Сезонная динамика форм минерального азота и фосфора в воде оз. Соминец и оз. Черное Большое в 2016 г.: 1, 2, 3, 4 – см. Рис.1.

Характерной особенностью почти всех водоемов Шацкого НПП является незначительное содержание фосфатных ионов, концентрация которых колебалась в пределах от следовых до 0,027 мг Р/дм³ с максимальными значениями в весенне-летний период исследований.

Таким образом, анализ современных данных о содержании и динамике биогенных веществ в воде Шацких озер, в первую очередь форм неорганического азота, позволяет обнаружить целый ряд негативных последствий антропогенного воздействия. Повышение рекреационной нагрузки, с одной стороны, и отсутствие

современных очистительных сооружений, с другой, привело к увеличению количества неочищенных бытовых коммунальных стоков, происходящего на фоне понижения уровня воды в озерах. Последнее было отмечено еще в 90-х годах XX в, и уже тогда наблюдалось значительное усыхание озер в летний период и практически полное отсутствие весеннего разлива.

Возникла опасность изменения трофического статуса водоемов. Предыдущими исследованиями было установлено, что основными источниками антропогенного евтрофирования Шацких озер является население, проживающее в данном регионе постоянно или в летний период, а также сельскохозяйственные угодья. Усиление процесса евтрофикации, имевшее место на более раннем этапе наблюдений, ухудшило самоочистительную способность водоемов. Все эти негативные факторы неминуемым образом скажутся на экосистеме Шацких озер, определяя ухудшение качества их главного богатства – водных масс природных водоемов.

Список литературы

1.Алекин О.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 270 с. 2.Вовк П.К., Терлецький В.К., Яценко П.Т. Незаймана краса Волині. Львів: Каменярі, 1989. 69 с. 3. Ільїн Л.В., Мольчак Я.О. Озера Волині. Лімно-географічна характеристика. Луцьк: Надстир'я, 2000, 139 с. 4. Ільїн Л.В., Ситник Ю.М., Морозова А.О., Шевченко П.Г., Хомік Н.В. Гідрохімічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку: озеро Пулеметське (1977–2009 рр.) // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Збірник наукових праць, 2012. № 9. С. 35–42. 5. Ільїн Леонід, Ситник Юрій, Морозова Алла, Шевченко Петро, Хомік Наталія. Гідрохімічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку: озеро Луки-Перемут // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, 2013. № 16 (265). Серія: Географічні науки. С. 23–31. 6.Морозова А.А. Основные тенденции изменения качества водных масс озерных систем Шацкого национального природного парка // Гидробиол.журн., 2006. 42, № 4. С.111-118. 7. Морозова А.О. Гідрохімічний стан та оцінка якості води водойм Шацького національного природного парку // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки, 2009. 1. С. 47-51. 8. Оксик О.П., Якушин В.М., Тимченко В.М. Трофо-сапробиологическая характеристика Шацких озер// Гидробиол.журн., 1997. 33, №1. С. 24-34. 9. Ситник Ю. М., Шевченко П. Г., Морозова А. О. та інш. Гідрохімічні дослідження озера Мошне: матеріали наукової конференції “Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій” (8–11 вересня 2016 р.). Львів: СПОЛОМ, 2016. С. 81-84. 10. Тимченко В.М., Ярошевич А.Е., Дьячук И.Е. и др. Некоторые аспекты экологии озер Шацкого национального природного парка. Киев, 1989. Деп. в ВИНТИ, № 5962. В 89. 43 с. 11. Шацкий Национальный Природный Парк. Наукові дослідження 1983-1993 рр. Світазь, 1994 р.

References

1.Alekin O.A. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu vod sushi. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 270 s. 2.Vovk P.K., Terlets'kiy V.K., Yashchenko P.T. Nezaymana краса Volinі. L'viv: Kamenyari, 1989. 69 s. 3. Il'in L.V., Mol'chak YA.O.. Oзера Volinі. Limno-geografichna kharakteristika. Luts'k: Nadstir'ya, 2000, 139 s. 4. Il'in L.V., Sitnik YU.M., Morozova A.O., Shevchenko P.G., Khomik N.V. Gidrokhimichni doslidzhennya ozernikh yekosistem Shats'kogo natsional'nogo prirodnogo parku: ozero Pulemets'ke (1977-2009 rr.) // Priroda Zakhemnogo Polissya ta prileglikh teritoriy. Sbornik nauchnykh trudov, 2012. № 9. S. 35-42. 5. Il'in Leonid, Sitnik Yuriy, Morozova Alla, Shevchenko Petro, Khomik Nataliya. Gidrokhimichni doslidzhennya ozernikh yekosistem Shats'kogo natsional'nogo prirodnogo parku: ozero Luki-Peremut // Naukoviy visnik Skhidnoevropeys'kogo natsional'nogo univrsitetu imeni Lesi Ukrainki, 2013. № 16 (265). Seriya: Geografichni nauki. S. 23-31. 6.Morozova A.A. Osnovnyye tendentsii izmeneniy kachestva vodnykh resursov ozernykh sistem Shatskogo natsional'nogovlecheniya parka //

Gidrobiol.zhurn., 2006. 42, № 4. S.111-118. 7. Morozova A.O. Gídrokhímíchniy stan ta otsínka yakostí vodi vodym Shats'kogo natsíonal'nogo prirodnogo parku // Naukoviy vísnik Volins'kogo natsíonal'nogo uníversitetu ímení Lesí Ukraínki, 2009. 1. S. 47-51. 8. Oksiyuk O.P., Yakushin V.M., Timchenko V.M. Trofo-saprobiologicheskaya kharakteristika Shatskikh ozer // Gidrobiol.zhurn., 1997. 33, №1. S. 24-34. 9. Sitnik YU. M., Shevchenko P. G., Morozova A. O. ta ínsh. Gídrokhímíchní doslídzhennya ozera Moshna: materíali naukoí konferentsií "Stantsiya vídíníníttya yekosistem Shatsíkogo natsíonal'nogo prirodnogo parku ta ínshikh prirodookhoronnikh teritoriy" (8-11 veresnya 2016 r.). L'viv: SPOLOM, 2016. S. 81-84. 10. Timchenko V.M., Yaroshevich A.Ye., D'yachuk I.Ye i dr. Nekotoryye aspekty ekologii ozer Shatskogo natsíonal'nogo obrazovaniya parka. Kiyev, 1989.— Dep. v VINITI, № 5962. V 89. 43 s. 11. Shats'kiy Natsíonal'niy Prirodniy Park. Naukoví doslídzhennya 1983-1993 rr. Svít'yaz', 1994 r.

Сезонная изменчивость неорганических форм азота и фосфора в водоемах Шацкого НПП

Морозова А.А.

В работе, которая является продолжением ранее проводимых наблюдений, представлены результаты исследований, проведенных на водоемах Шацкого национального природного парка на протяжении 2016 г. Анализ полученных данных показал, что усиление процесса евтрофикации, имевшее место в предыдущий период наблюдений, ухудшило самоочистительную способность водоемов, определяя ухудшение качества их главного богатства – водных масс природных водоемов.

Ключевые слова: Шацкий НПП; неорганические формы азота (аммонийный, нитратный и нитритный); фосфат-ионы; сезонная динамика.

Сезонна мінливість неорганічних форм азоту та фосфору у водоймах Шацького НПП

Морозова А.О.

В роботі, яка є продовженням раніше проведених спостережень, наведено результати досліджень на водоймах Шацького національного природного парку протягом 2016 р. Аналіз отриманих даних показав, що посилення процесу евтрофікації, що мало місце в попередній період спостережень, погіршило самоочісну здатність водойм, визначаючи погіршення якості їх головного багатства - водних мас природних водойм.

Ключові слова: Шацький НПП; неорганічні форми азоту (амонійний, нітратний та нітритний); фосфат-іони; сезонна динаміка.

Seasonal variability of inorganic forms of nitrogen and phosphorus in the reservoirs of the Shatsk NPP

Morozova A.A.

The work, which is a continuation of the earlier observations, presents the results of studies conducted on the water bodies of the Shatsk National Nature Park during 2016. An analysis of the data obtained showed that the intensification of the eutrophication process that took place in the previous observation period worsened the self-cleaning capacity of reservoirs, quality of their main bagatia - the water masses of natural reservoirs.

Key words: Shatsky NPP; inorganic forms of nitrogen (ammonium, nitrate and nitrite); phosphate ions; seasonal dynamics.

Надійшла до редколегії 21.09.2018

УДК 504:05:556.114:574.5:556.55

Морозова А.О. , Дьяченко Т.М.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МАЛОЇ УРБАНІЗОВАНОЇ ВОДОЙМИ ОЗ. НЕБРИЖ ЗА ДЕЯКИМИ ГІДРОХІМІЧНИМИ ТА ГІДРОБІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Ключові слова: розчинений кисень; біогенні речовини; головні іони; мінералізація води; вища водяна рослинність.

Озерні екосистеми є унікальними природними утвореннями. Водойми різні не лише за своїм походженням і морфометричними особливостями, але і за цілим рядом інших специфічних характеристик, а саме гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних. Останнім часом природні екосистеми знаходяться під значним антропогенним впливом. Більш суттєвого негативного впливу зазнають озера урбанізованих територій (тим більше такого великого мегаполісу, як Київ), характерною особливістю яких є виникнення і розвиток в придонних шарах води анаеробних зон, важливим чинником утворення яких є ступінь антропогенного навантаження на їх екосистему. Виникнення в таких озерах в придонних шарах води анаеробних умов відбувається в результаті надходження в озера значної кількості органічних та біогенних речовин антропогенного походження. Хімічною умовою їх виникнення і поширення є перевищення швидкості споживання кисню (в основному на біохімічне окислення органічних речовин) над швидкістю його надходження.

Озеро **М.Небріж** має досить коротку історію існування. Офіційно датою його заснування є вересень 2016 р, коли на ньому були проведені рекультиваційні роботи, а саме: водойма була розчищена від побутового сміття та поглиблена. Завдяки чому, його площа зросла від 0,9 до 2,0 га. Озеро є частиною оз. Небріж, що була відрізнена від нього в результаті проведення дорожньо-транспортних робіт. Озеро Небріж, в свою чергу, п'яте за площею прісноводне озеро Дарницького району. Має антропогенне походження – утворено на місці кар'єру після добування піску для будівництва житлових масивів Осокорки та Позняки. У прибуткової частини його водного балансу помітну роль відіграє приплив поверхневих вод, який формується за рахунок ґрунтового стоку і стоку скидних вод цих житлових масивів. З'єднується протоками з озерами Мартишев і Тягле. На сучасному етапі максимальні глибини оз. М. Небріж досягають 5,0 -6,0 м, а середні - не перевищують 3,0 м. В південній частині водойми на відстані 3,0 м від берегової смуги глибини дорівнюють 1,0 -1,5 м. Донні відклади представлені мулами різного генезису. Північна та північно-східна частини озера мають більші глибини, а дно розчищено до пісків та глини (за даними НВП "Екосервіс").

В весняний період досліджень у воді оз. М. Небріж мало місце "цвітіння" води планктонними організмами, що обумовило незначну прозорість воді (до 0,7 м). Вища водяна рослинність на водоймі відсутня. Лише на березі зустрічаються поодинокі рослини водопериці колосистої.

Екосистема озера знаходиться на стадії становлення. Для того, щоб мати певну стійкість та досягнути балансу речовини та енергії, вона має пройти декілька

стадій. Швидкість процесу буде залежати від взаємодії абіотичних та біотичних чинників.

Матеріали та методи. Дослідження екологічного стану оз. М.Небріж проводились у весняний період 2017 р. Для визначення основних закономірностей формування гідрохімічного режиму водойми та якості його водного середовища, як середі існування гідробіонтів, на акваторії озера було обрано станції відбору проб, а саме: в північній частині (ст.1) та в південно-західній частині (ст.2). Проби для визначення компонентного складу природної води відбиралися з поверхневого горизонту батометром Молчанова. В ході спостережень вивчався газовий режим озера, основні компоненти сольового складу, що визначають величину мінералізації водної маси, а також біогенні речовини.

Визначення основних гідрохімічних показників природної води проводилося по загальноприйнятих в гідрохімічній практиці методиках О.О.Альокіна [1].

Мета роботи полягала в тому, щоб встановити екологічний стан оз. Небриж за основними гідрохімічними показниками та з їх допомогою виявити можливість заселення водойми вищою водною рослинністю.

Результати досліджень та їх обговорення. При визначенні екологічного стану водних екосистем, особливо урбанізованих територій, питання формування якості їх водної маси, як місця існування гідробіонтів вельми актуальні. Головними гідрохімічними характеристиками, що її визначають, є стан газового режиму, вміст органічної речовини, концентрація біогенних речовин, в першу чергу, сполук азоту та фосфору, а також мінералізація води.

Вміст *розчиненого у воді кисню* поверхневих водойм – це один з найважливіших критеріїв оцінки їхнього екологічного стану, оскільки істотним чином впливає не тільки на інтенсивність процесів, що існують у водоймах, але і на міграцію і розподіл речовин між абіотичними компонентами (вода, завислі речовини, донні відклади) та й на розвиток гідробіонтів. Проведені дослідження показали, що концентрація *розчиненого кисню* у воді оз. М. Небріж на різних ділянках водойми становила 14,2 та 14,6 мг/дм³ (137,2 та 141,4 % насичення).

Величина рН разом з концентрацією розчиненого кисню є ще одним важливим показником екологічного стану природних водойм. Мала площа водойми разом з його гідрологічними особливостями зумовили незначні межі коливань її значень, які склали 8,1 – 8,4 (табл.1).

Таблиця 1. Величина рН, вміст розчиненого у воді кисню, деяких головних іонів та мінералізації води оз. М. Небріж у весняний період 2017 р.

Станція відбору	рН	O ₂		HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Na ⁺ + K ⁺ , мг/дм ³	Σ, мг/дм ³
		мг/дм ³	% насичення					
Ст.1	8,1	14,2	137	72,7	138,2	93,1	108,3	463,2
Ст.2	8,4	14,7	141	75,2	138,2	88,3	106,8	462,3

Чисельні дослідження водойм подібного типу свідчать про те, що в сезонному аспекті відбувається значне погіршення їх кисневого стану. Характерною особливістю екологічного стану урбанізованих водойм, є наявність практично постійно існуючого дефіциту розчиненого у воді кисню. Лише в період активного розвитку гідробіонтів, в першу чергу планктонних організмів, при інтенсифікації фотосинтетичної діяльності і лише в поверхневих шарах води величина насичення води киснем перевищує 100%, що і спостерігається у весняний період у воді оз. М. Небріж.

Місцеположення озера в урбанізованій зоні та з огляду на історію його існування домінування антропогенного чинника обумовило не лише формування

режиму розчиненого кисню, але і повною мірою відбилося на режимі і динаміці головних іонів, що визначають мінералізацію води озера, яка є ще однією важливою характеристикою екологічного стану природних водойм. Спостереження показали, що *мінералізація* води озера досягала 463, 2 мг/дм³, що значно перевищує мінералізацію природних водойм, які не зазнають суттєвого техногенного впливу (див. таб.1). В той же час необхідно підкреслити, що підвищення мінералізації води відбувалося, головним чином, за рахунок надходження у весняний період з поверхневим стоком вод з високими концентраціями *іонів хлору*, а також *натрію і калію*, вміст яких досягав 138, 2 мг/дм³ та 108,3 мг/дм³, відповідно (див.табл.1). Це привело до зміни класу води водойми, яке в цей період року, згідно класифікації природних вод О.А. Альокіна відноситься до Cl_{III}^{Na} [2] , що не є характерним для фізико-географічної зони розташування водойми, а відбувається внаслідок значного техногенного впливу на екологічний стан озера М. Небріж. У озері також відмічені високі концентрації *сульфатних іонів*, вміст яких досягав 93,1 мг/дм³. Зміна домінуючого класу води у водоймі може привести до істотних змін місця існування гідробіонтів зокрема, і екологічного стану водойм в цілому. Підвищений вміст іонів хлору, натрію, калію та сульфатних іонів спостерігався на тлі зниження долі *гідрокарбонатних іонів і іонів кальцію та магнію*.

Нетривалий період спостережень не дає змоги повною мірою оцінити сезонні зміни концентрації головних іонів та, як наслідок, мінералізації води, але попередні дослідження подібних водойм, дозволяють зробити висновок, що з настанням літнього періоду його стан не покращиться, а, навпаки, погіршиться. Незначна площа водного дзеркала, об'єм водойми та відсутність водообміну в сукупності зі значним техногенним впливом не сприяють покращенню екологічного стану озера, насамперед, як середі існування гідробіонтів.

Невід'ємною і дуже важливою складовою гідрохімічного режиму, зокрема і екологічного стану в цілому, будь-якої природної водойми є режим і динаміка біогенних речовин. Біогенні елементи, як алохтонного, так і автохтонного походження в значній мірі визначають екологічний стан будь-якої водойми, як природного, так і штучного походження. Відомо, що основними біогенними елементами, від яких залежить рівень розвитку і життєдіяльності гідробіонтів, є сполуки азоту і фосфору.

Проведені дослідження показали, що антропогенний чинник є домінуючим у формуванні режиму і динаміки біогенних речовин в урбанізованих водоймах і таким, що визначає рівень розвитку і життєдіяльності гідробіонтів. Встановлено, що основна маса біогенних речовин надходить у водойми у весняний період з поверхневим стоком.

Міра антропогенного впливу відбилася і на абсолютному вмісті біогенних речовин у воді озера. Досліджувана водойма характеризується незначним вмістом біогенних речовин. Так, концентрація *нітратного азоту* не перевищувала 0,009 мг N/дм³, *амонійного азоту* – 0,150 мг N/дм³ (Табл.2).

Таблиця 2. Вміст біогенних речовин у воді оз. М. Небріж у весняний період

Станція відбору	NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	Fe, мг/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мг P/дм ³	Si, мг/дм ³
Ст.1	0,031	0,009	0,145	0,015	0,027	1,5
Ст.2	0,024	0,007	0,150	0,005	0,012	2,05

Сезонна динаміка нітратної форми азоту в значній мірі обумовлена впливом гідробіологічного чинника, оскільки ця форма азоту найактивніше споживається гідробіонтами. Унаслідок чого, саме у вегетаційний період (весна) спостерігаються

мінімальні концентрації нітратних іонів, що має місце у воді оз. М. Небріж. Слід зазначити, що у водоймі виявлений підвищений вміст *нітритного азоту* – 0,031 мг N/дм³ (див.табл.2). Відомо, що нітритні іони є нестійким продуктом в процесі нітрифікації і виявлення їх підвищеного вмісту є показником посиленого розкладання органічної речовини, що накопичилася у водоймах і їх забруднення, тобто є важливим санітарним показником.

Ще одним доказом посилення антропогенного пресу на екосистему водойм є динаміка і вміст *фосфат-іонів*. Як показали спостереження, водойма характеризується незначним вмістом фосфат-іонів, концентрація яких у воді не перевищувала 0,027 мг P/дм³ (див. табл.2).

Оз. М. Небріж характеризується незначним вмістом *розчиненого заліза, та кремнію*, концентрація яких змінювалася від практично нульових показників до 0,015 мг/дм³ та від 1,5 до 2,05 мг/дм³, відповідно (див. табл.2).

Сучасний період еволюції природних поверхневих водойм різного типу, характеризується процесом евтрофування. Саме з біогенними елементами пов'язаний ряд проблем, що стосуються охорони навколишнього середовища, і в першу чергу проблема евтрофування, як антропогенного, так і природного характеру. З процесом евтрофування тісно пов'язаний процес забруднення водних екосистем. Нерідко евтрофування обумовлене дією забруднення, а забруднення є наслідком евтрофування. У природних умовах обидва процеси найчастіше діють в комплексі. Проте за спрямованістю і глибиною свого впливу на функціонування природної водойми ці процеси принципово різні. А саме, евтрофування приводить до збагачення природних водойм біогенними елементами, визначаючи збільшення біопродуктивності в них, а також підвищення їх трофічного рівня. Забруднення ж, в основному, пов'язане з надходженням у водойми чужорідних для нього хімічних компонентів, а також значної кількості біогенних речовин, які не можуть утилізуватися в біологічному круговороті без збитку для екосистеми. Надмірне евтрофування негативно впливає на функціонування всієї екосистеми природних водойм, оскільки воно приводить до порушення її стійкості і погіршення якості води.

Раніше проведеними дослідженнями встановлено, що разом з вмістом розчиненого у воді кисню, основним індикатором інтенсивності даного процесу є не лише вміст сполук азоту і фосфору, але і величина співвідношення між ними. Отримані нами дані показують, що на ст.1 це співвідношення складає 6,8:1, а на ст.2 – 15:1, що відображає міру антропогенного впливу, якого зазнає це озеро. Як відомо, у водоймах, що знаходяться поза зоною впливу антропогенного чинника, величина N:P $\geq$ 15, тоді як в урбанізованих водоймах ця величина набагато менша. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що під впливом антропогенного евтрофування одна ділянка озера збагачується фосфором набагато швидше, ніж азотом і в цих умовах лімітація розвитку гідробіонтів, в першу чергу, планктонних організмів залежить саме від концентрації неорганічних форм азоту.

Одним з основних компонентів екосистем мілководних ділянок водойм різного типу, а в першу чергу малих водойм, є вищі водяні рослини (ВВР). Поряд з мікроскопічними водоростями вони створюють первинну продукцію, забезпечують біотичний кругообіг речовини і енергії, що лежить в основі механізму самоочищення і продуктивності водойм. Зарості водяних рослин, розташовані в прибережній зоні, виконують не тільки функції гасіння хвиль та укріплення берегів, а й грають роль механічних фільтрів, оскільки перехоплюють і затримують завислу речовину, що надходить з площі водозбору і від розмивання берегів. Значна їх частина накопичується на слизових поверхнях рослин, інша - переробляється угрупованнями перифітону, а продукти мінералізації можуть засвоюватися самими

рослинами [6]. Крім того, ці рослини перехоплюють і стік розчинених забруднюючих речовин з прилеглих територій.

У процесі фотосинтезу рослини насичують воду киснем, який використовується як на дихання гідробіонтів, так і на окиснення складних хімічних речовин до більш простих [11]. Зрозуміло, що основним постачальником кисню в водну товщу в даному випадку є занурена рослинність [3]. Але види повітряно-водних рослин і рослин з плаваючим на поверхні води листям по-перше, сприяють збагаченню киснем донних відкладів, а по-друге, як уже говорилося вище, є субстратом для водоростей перифітону, які приймають не менше активну участь в насиченні води киснем [9].

Поглинаючи з води і донних відкладів, накопичуючи, утилізуючи і трансформуючи біогенні речовини, мікроелементи, ВВР поглинають разом з ними і різні токсичні речовини, солі важких металів, радіонукліди, феноли, низько- і високомолекулярні органічні речовини, сприяючи тим самим самоочищенню води [7]. Кожен вид рослин характеризується вибіркоvim накопиченням тих чи інших елементів, що використовується при підборі рослин для біоплато.

Завдяки харчовій конкуренції, зменшенню освітленості і температури води в заростях (що особливо важливо на мілководдях), зміні кисневого режиму, альгїцидним властивостям багатьох видів ВВР (аїр, лепешняк, стрілолист, глечики жовті та ін.), вони сприяють обмеженню розвитку мікрководоростей, а отже, і цвітіння води на мілководдях [8].

Крім того, рослини продукують органічну речовину, трансформовану в кормові організми для риб, і є субстратом для розвитку кормових безхребетних. Відомо, що в заростях, особливо занурених рослин, зосереджені основні запаси зоопланктону і кормового зоофітосу [4, 5]. Рослини також є основним кормом для рослиноїдних риб і додатковим для деяких інших їх видів. У заростях нерестяться фітофільні риби і нагулюється їх молодь.

Для виконання у водоймі своєї позитивної функції, площа заростання мілководь не повинна перевищувати 30%. При недостатньому заростанні відбувається масовий розвиток мікроскопічних (особливо синьо-зелених - водойма «цвіте»), а потім і нитчастих водоростей [10]. Масовий розвиток ВВР також є небажаним, оскільки відмирання і розкладання їх фітомаси призводить до вторинного забруднення - утворення дефіциту кисню, насичення води і донних відкладів забруднюючими речовинами, замулення і заболочування, і, в кінцевому рахунку, до зникнення водойми.

Таким чином, проведені дослідження показали, що екологічний стан оз. М. Небрїж за гідрохімічними показниками, в першу чергу за іонним складом, не є сприятливим для розвитку гідробіонтів. А саме: підвищення долі хлоридних і сульфатних іонів та іонів натрію та калію відбувається на тлі зниження частки гідрокарбонатних іонів і іонів кальцію. За цими показниками озеро є техногенною водоймою-відстійником. Незначний вміст біогенних речовин, в першу чергу сполук азоту та фосфору, є ще одним негативним чинником, що не сприяє високому рівню розвитку та життєдіяльності гідробіонтів. Слід зазначити, що, нажаль, проведені рекультиваційні роботи не призвели до бажаного результату. На сучасному етапі досліджень оз. М.Небрїж не може бути використано як середовище існування гідробіонтів, в першу чергу вищої водної рослинності. Для обмеження поверхневого стоку навколо озера повинна бути створена ПЗС лугової рослинності. Декоративну функцію можуть виконувати лише прибережні види. При цьому необхідно враховувати падіння рівня води в озері в літній період. Із повітряно-водних рослин поки тут зможуть жити лише очерет, рогіз. комиш і, можливо, лепешняк. З рослин з плаваючим листям можливо існування гірчаку земноводного і

латаття білого за умови його посадки в контейнер з поживним ґрунтом. Для існування інших декоративних рослин в озері необхідно продовжити рекультиваційні роботи (розчищення від мулу, відновлення постійного зв'язку з оз. Небриж і промивка його водами). Можливо очищення води за допомогою напливного біоплато, в якому в літні місяці можна використовувати тропічні рослини, що застосовують для доочищення стічних вод тваринницьких комплексів і промислових підприємств, а саме *Pistia stratiotes* та *Eichornia crassipes*.

Список літератури

1.Алекин О.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 270 с. 2. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с. 3. Астапович И.Т. Фотосинтез в неглубоких водоемах. Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, 1972. Т. 8. С.88-97. 4. Владимирова К.С., Зимбалева Л. Н., Пикуш Н. В. Мелководья Кременчугского водохранилища. Киев.: Наук. думка, 1967. 265 с.; 5. Зимбалева Л.Н. Фитофильные беспозвоночные как кормовая база рыб в днепровских водохранилищах. Вопросы комплексного использования водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1971. С. 92-93. 6. Кокин К.А. Экология высших водных растений. Москва: Изд-во МГУ, 1982. 157 с. 7. Мережко А.И. Эколого-физиологические особенности высших водных растений и их роль в формировании качества воды: автореф. дис. на соискание степени докт. биол. наук: 03.00.18. "гидробиология". Москва, 1978. 46 с. 8. Сакевич О. Й., Усенко О.М. Алелопатія в гідроекосистемах. Київ: Логос, 2008. 342 с. 9. Сиренко Л.А., Якубовський К.Б. Роль высших водных растений в функционировании экосистем водохранилищ. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. Киев.: Наук. думка, 1989. С.37-41. 10. Экосистемы в критических состояниях / [Под ред. Ю.Г.Пузаченко]. Москва: Наука, 1989. 156 с. 11. Якушин В.М. Роль перифитона высших водных растений в деструкции органического вещества. Гидробиол. журн., 1996. 32, №2. С.41-47.

References

1.Alekin O.A.. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu vod sushi. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 270 s. 2. Alekin O.A. Osnovy gidrokhimii. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 444 s. 3. Astapovich I.T. Fotosintez v neglubokikh vodoyemakh. Voprosy rybnogo khozyaystva Belorussii, 1972. T. 8. S.88-97. 4. Vladimirova K.S., Zimbalevskaya L. N., Pikush N. V. Melkovod'ya Kremenchugskogo vodokhranilishcha. Kiyev.: Nauk. dumka, 1967. 265 s. 5. Zimbalevskaya L.N. Fitofil'nyye bespozvonochnyye kak kormovaya baza ryb v dneprovskikh vodokhranilishchakh. Voprosy kompleksnogo ispol'zovaniya vodokhranilishch. Kiyev: Nauk. dumka, 1971. S. 92-93. 6. Kokin K.A. Ekologiya vysshikh vodnykh rasteniy. Moskva: Izd-vo MGU, 1982. 157 s. 7. Merezko A.I. Ekologo-fiziologicheskiye osobennosti vysshikh vodnykh rasteniy i ikh rol' v formirovanii kachestva vody: avtoref. dis. na soiskaniye stepeni dokt. biol. nauk: 03.00.18. "gidrobiologiya". Moskva, 1978. 46 s.; 8. Sakevich O. Y., Usenko O.M. Alelopatiya v gidroyekosistemakh. Kiiv: Logos, 2008. 342 s. 9. Sirenko L.A., Yakubovskiy K.B. Rol' vysshikh vodnykh rasteniy v funktsionirovanii ekosistem vodokhranilishch. Rastitel'nost' i bakterial'noye naseleniye Dnepra i yego vodokhranilishch. Kiyev.: Nauk. dumka, 1989. S.37-41. 10. Ekosistemy v kriticheskikh sostoyaniyakh / [Pod red. YU.G.Puzachenko]. Moskva: Nauka, 1989. 156 s. 11. Yakushin V.M. Rol' perifitona vysshikh vodnykh rasteniy v destruktсии organicheskogo veshchestva. Gidrobiol. zhurn., 1996. 32, №2. S.41-47.

Екологічний стан малої урбанізованої водойми оз. Небриж за деякими гідрохімічними та гідробіологічними показниками

Морозова А.О., Дьяченко Т.М.

В роботі наведено результати досліджень екологічного стану малої урбанізованої водойми оз. М. Небриж. Аналіз отриманих даних показав, що на сучасному етапі досліджень оз. М. Небриж не може бути використано як середовище існування гідробіонтів, в першу чергу вищої водної рослинності.

Ключові слова: розчинений кисень; біогенні речовини, головні іони; мінералізація води; вища водна рослинність.

Экологическое состояние малого урбанизированного водоема оз. Небриж по некоторым гидрохимическим и гидробиологическим показателям

Морозова А.А., Дьяченко Т.Н.

В работе представлены результаты исследований экологического состояния малого урбанизированного водоема оз. М. Небриж. Анализ полученных данных показал, что на современном этапе исследований оз. М. Небриж не может быть использовано как среда обитания гидробионтов, в первую очередь высшей водной растительности.

Ключевые слова: растворенный кислород; биогенные вещества; главные ионы; минерализация воды; высшая водная растительность.

Ecological condition of a small urbanized lake pond. Nebridge on some hydrochemical and hydrobiological indicators

Morozova A.A., Dyachenko T.N.

The paper presents the results of studies of the ecological state of a small urbanized lake. M. Nebridge. The analysis of the obtained data has shown that at the present stage of the Lake. M. Nebrizh can not be used as a habitat for hydrobionts, primarily higher aquatic vegetation.

Keywords: dissolved oxygen; biogenic substances; main ions, water mineralization, higher aquatic vegetation.

Надійшла до редколегії 21.09.2018

УДК 551.589.1

Щеглов О.А.

Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ

ЗИМОВІ СИНОПТИЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ АНОМАЛЬНО-ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

Ключові слова: *синоптичні процеси, екстремальні температури, аномально-високі температури, Україна.*

Вступ. Відомо, що у багатьох регіонах Європи зміни клімату сильно проявляються у кожному сезоні [5, 9]. Із цим пов'язують і зміну великомасштабної циркуляції атмосфери, що характеризується збільшенням частоти несприятливих погодних явищ [1, 14]. Вивчення та моніторинг синоптичних процесів, які призводять до аномальних температур повітря та інших екстремальних явищ становить важливий практичний інтерес і знаходить своє відображення у великій кількості робіт [8, 11, 14, 15]. В Українському гідрометеорологічному інституті під керівництвом В.Ф. Мартазінової також виконувалися подібні роботи [4, 6]. Для цього використовувалася класифікація полів тиску за методом еталонів синоптичних процесів [13]. Для подібних задач також можна залучати загальновідомі класифікації макропроцесів [2, 3].

Постановка завдання. Об'єктом дослідження є випадки аномально-високої температури повітря на території України та синоптичні процеси, що призводять до таких ситуацій взимку за даними вибірки 30 років (1987-2017 рр.). **Мета статті** – визначити типові зимові синоптичні процеси, що призводять до аномально-високої температури повітря на значній частині території України.

В роботі використовувалися дані реаналізу NCEP/NCAR Reanalysis 1 по приземній температурі, приземному тиску і геопотенціалу АТ-500 гПа у вузлах регулярної сітки [10]. Часовий інтервал вибірки – грудень-лютий 1987-2017 рр. Крок регулярної сітки бази даних по температурі повітря становить 1,875 градусів по довготі і широті. Така роздільна здатність є достатньою для визначення відмінностей просторового розподілу температури повітря при різних синоптичних ситуаціях. Також використано дані та картографічний матеріал відділу кліматичних досліджень та довгострокового прогнозу погоди УкрГМІ по просторовому розподілу приземного атмосферного тиску та геопотенціалу АТ-500 гПа в Атлантико-Європейському секторі. Для визначення аномально-високої температури повітря (далі – АВТ) було використано значення 95-го перцентиля фактичного розподілу температури у кожній точці регулярної сітки на території Атлантико-Європейського сектора. Однак, варто зазначити, що для визначення екстремальних температур в окремих роботах використовувався поріг 90-го перцентиля розподілу температури [7].

Із метою виділення великомасштабних і фільтрації дрібномасштабних процесів було введено критерій для визначення того, що потрібно вважати значною за площею (в масштабах обраного регіону) аномалією температури. Так, покриття додатними екстремальними аномаліями температури площі, наприклад, понад 50% території України, визначається великомасштабною атмосферною циркуляцією. Така територія приблизно зіставна із розмірами теплих секторів циклонів. Тому у

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 3 (50)

вибірку увійшли саме такі випадки (усього 110 випадків за 30 років). Для типізації синоптичних процесів було використано критерії аналогічності [13], що обчислювалися стосовно набору полів приземного тиску та геопотенціалу АТ-500 за 5-денні періоди (починаючи з двох днів до і до двох днів після появи значної за площею аномалії температури повітря). Серед критеріїв аналогічності перевагу було надано евклідовій метриці або RMSE (root-mean-square error):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}}, \quad (1)$$

де x, y – значення тиску або геопотенціалу в i -тій точці регулярної сітки відповідних полів, що порівнюються, n – кількість вузлів сітки в секторі; а також критерію подібності за знаком аномалій:

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{n_+ + n_-}, \quad (2)$$

де n_+ – кількість співпадаючих знаків аномалії температури у вузлах регулярної сітки, n_- – кількість не співпадаючих знаків аномалії температури у вузлах регулярної сітки полів приземного тиску або геопотенціалу, що порівнюються між собою.

Високі значення середніх п'ятиденних критеріїв аналогічності (вище 0,5 для ρ та менше 2,5 гПа для RMSE, розрахованого для приземного тиску) дозволяють групувати окремі дати. Остаточне рішення щодо віднесення процесів до певного типу приймалося після аналізу синоптичних карт. Основний принцип групування процесів – схожість положень та траєкторій баричних утворень. Повторюваність типів процесів визначалася як відношення кількості днів із АВТ при окремому типі процесів до загальної кількості днів із АВТ на території України (110 випадків).

Виклад основного матеріалу. На рис. 1а зображено просторовий розподіл значень 95-го перцентилу розподілу денної приземної температури повітря за грудень-лютий 1987-2017 рр. у помірних широтах у Східній Європі. Просторовий розподіл характеризується високими значеннями у південних районах з температурою вище 6-8 °С та поступовим зниженням на північний схід, де відмічаються температури ближче до 0°С. На території України значення температури по 95-му перцентилу складає близько 2 °С на північному сході і близько 3-4 °С на решті території. Рис.1б відображає просторовий розподіл верхньої межі АВТ, що відповідає абсолютному максимуму температури повітря в кожній точці регулярної сітки (за вибіркою 1987-2017 рр.).

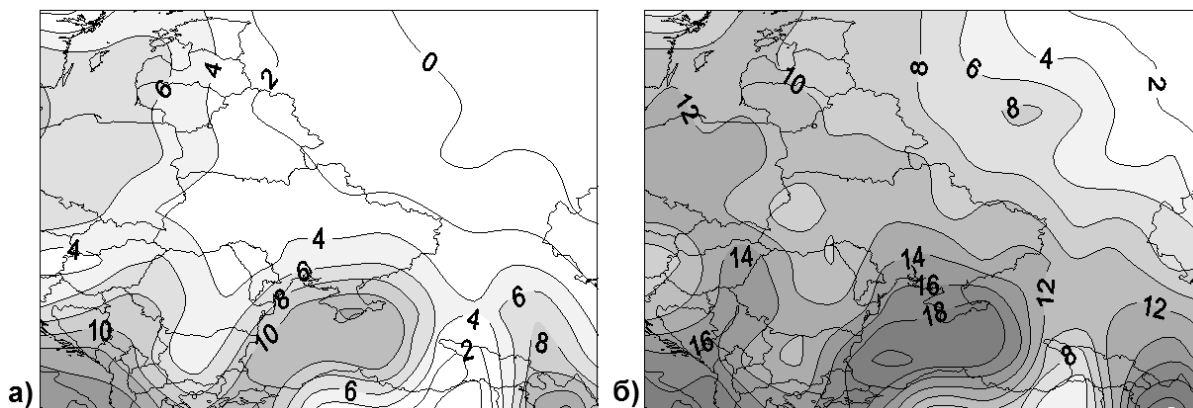


Рис. 1. а) просторовий розподіл значень 95-го перцентилу приземної температури повітря, б) абсолютного максимуму температури повітря (грудень-лютий 1987-2017 рр.)

Просторовий розподіл значень абсолютного максимума подібний по конфігурації до попереднього поля, але при цьому значення вищі: в південних районах – до 20 °С, на північному сході сектора – 2-6 °С. Порівнюючи рис.1а з рис.1б, можна відмітити, що найбільшим діапазон АВТ є над Чорним морем і Півднем України. Аномально-високі температури вище 95-го перцентиля проявлялися із різною частотою протягом періоду 1987-2017 рр. Порівняльний аналіз зміни частоти високих температур у зимовий сезон дозволив виявити їх збільшення у другій половині періоду (а саме – в 2003-2017 рр.) відносно першої половини (1987-2002 рр.) над південною частиною України. Незначне підвищення було виявлено над західними регіонами країни. На рис.2 зображено відношення повторюваності АВТ для зазначених періодів. Зміна повторюваності прояву високих температур в центральних і східних районах України незначна. Збільшення частоти випадків аномально-високих температур в останні роки над територією Чорного моря і південними регіонами України вимагають подальшого дослідження.

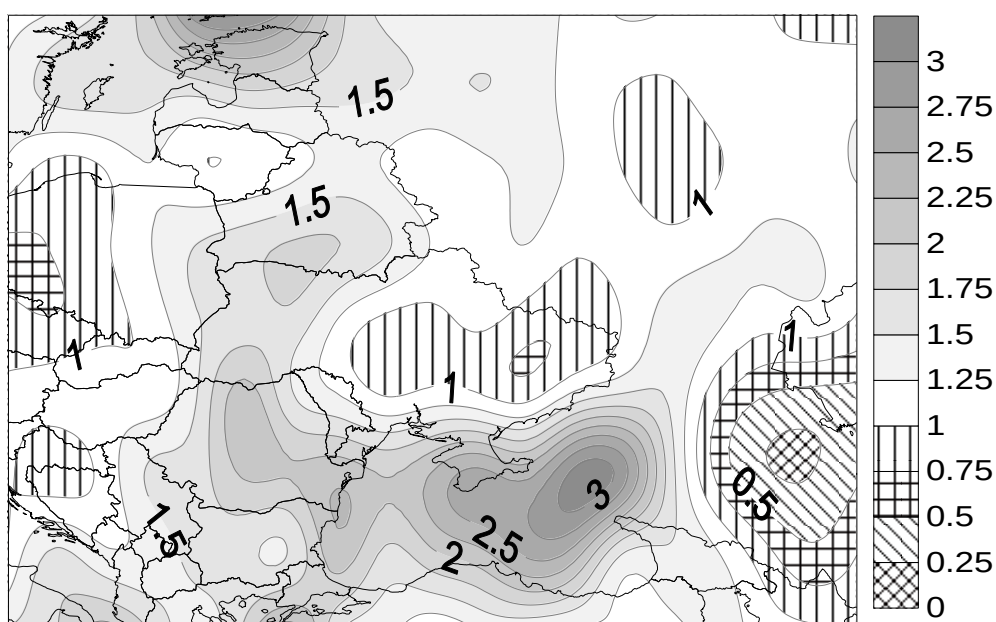


Рис. 2. Відношення повторюваності АВТ в період 2003-2017 рр. щодо періоду 1987-2002 рр.

Основні синоптичні процеси, що призводять до АВТ в Україні у зимовий період. Типізація полів тиску приведенного до рівня моря та даних геопотенціалу АТ-500 з випадками АВТ повітря в Україні, була отримана за допомогою критеріїв аналогічності, що описані вище. Всі процеси з високими зимовими температурами мають різний характер. Так, зональний характер потоків повітря в нижньому шарі створює біля поверхні землі над територією України тривалі високі зимові температури. Меридіональні процеси в тропосфері проявляються у нестабільності температурного режиму біля поверхні землі і призводять до різких перепадів температури повітря. Швидке зміщення меридіональних процесів призводить до зміни температури від екстремально-низьких значень за рахунок повітряних мас, які надходять з півночі по східній периферії висотного гребня або до екстремально-високих, які надходять із південним повітряним потоком по західній периферії висотного гребня. Зупинимося на основних синоптичних процесах, що призводять до АВТ в Україні в зимовий період.

I тип. Формування стійкого високого температурного фону над Європою і територією України створюється за допомогою розширеної області високого тиску субтропічного походження, яка створює яскраво виражений зональний процес як біля поверхні землі, так і на середньому рівні тропосфери (Рис.3б,в). Температурний режим при такій синоптичній ситуації може зберігатися протягом двох і більше тижнів. За винятком гірських масивів, температурний фон на решті території в центральній і східній частині Європи варіює слабо (Рис.3а). В останні десятиліття цей синоптичний процес має найбільшу повторюваність (47% випадків з АВТ), і тому більшість зимових місяців характеризуються тривалими періодами зі стійким температурним режимом.

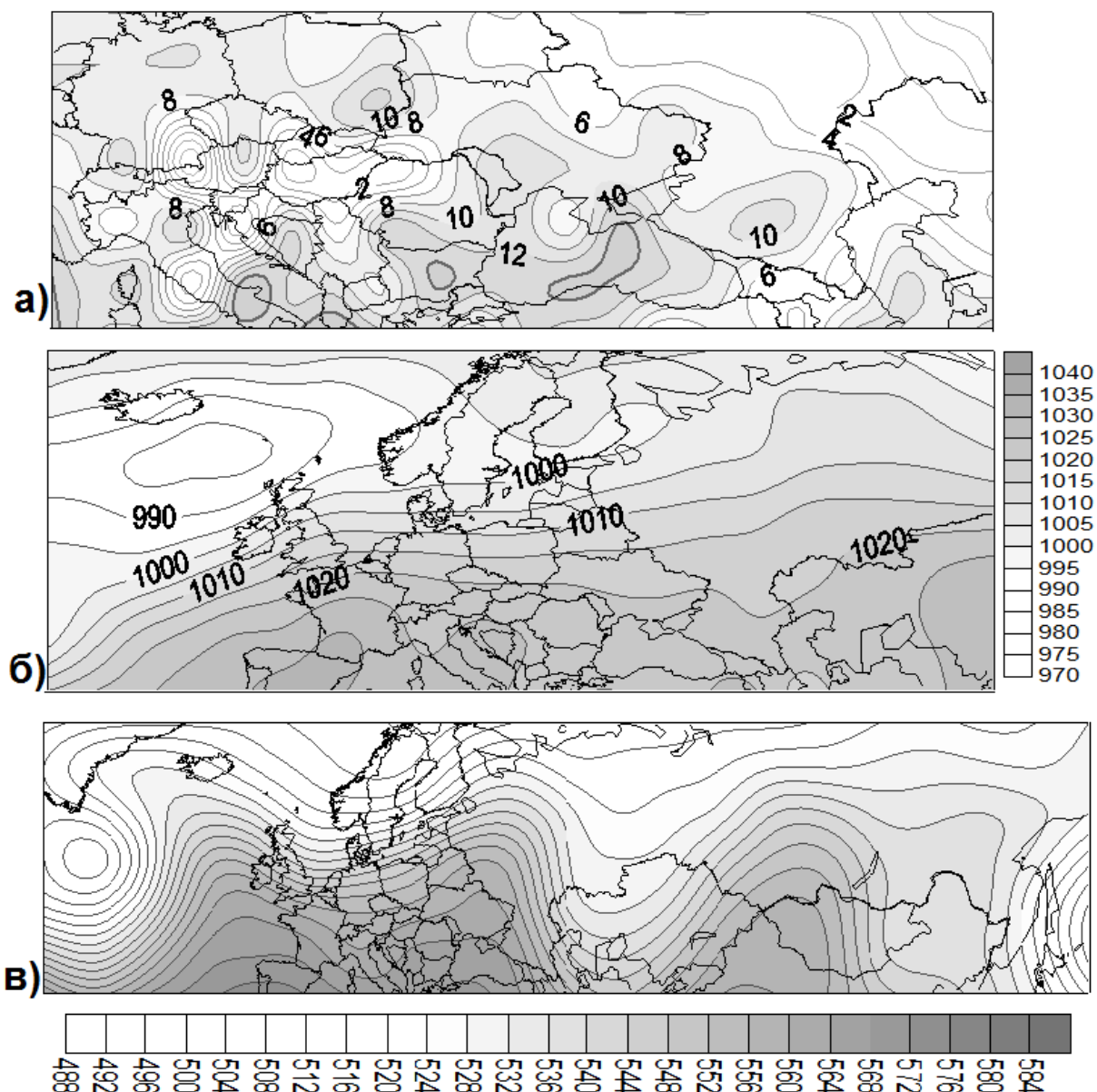


Рис. 3. Приклад процесу I типу: а) просторовий розподіл приземної температури повітря, °С, б) приземного тиску приведенного до рівня моря, гПа, в) геопотенціалу АТ-500, дам

Тип II. Формування високих зимових денних температур взимку (Рис.4а). над територією Центральної і Східної Європи, в тому числі над територією України в діапазоні вище нуля і до 10-16 °С відбувається за рахунок виходу субтропічного

максимуму високого тиску (Рис.4б). На середньому рівні тропосфери цей максимум підтримується висотним гребенем меридіонального характеру (Рис.4в). Як було зазначено вище, різко меридіональні атмосферні процеси є нестійкими і тривалість теплового процесу в даному випадку над територією України може зберігатися протягом 5-6 днів. Після цього високий температурний фон може різко змінюватися від'ємними температурами. Повторюваність процесів із АВТ другого типу складала приблизно 22%.

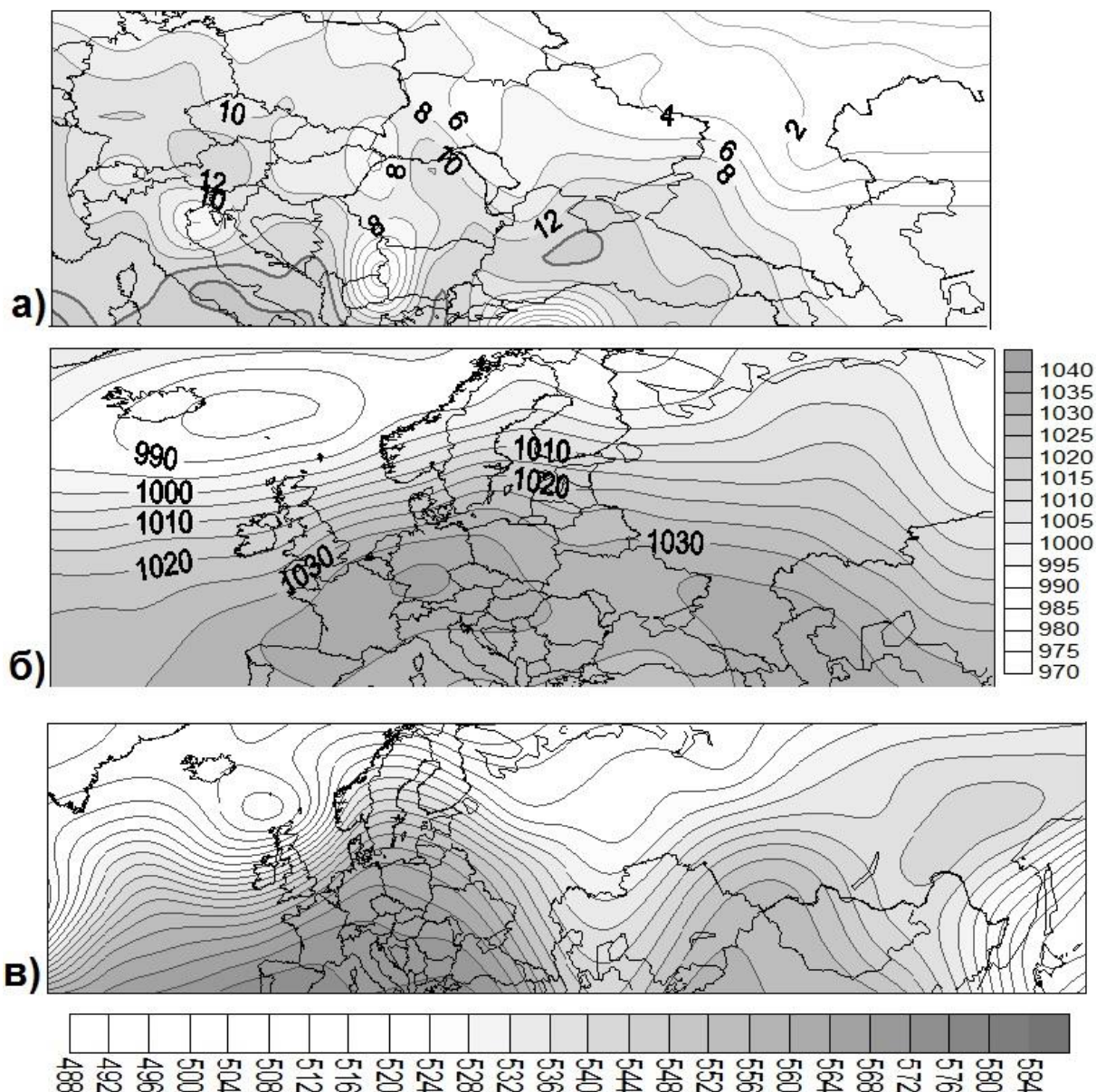


Рис. 4. Приклад процесу II типу: а) просторовий розподіл приземної температури повітря, °С, б) приземного тиску приведенного до рівня моря, гПа, в) геопотенціалу АТ-500, дам

III тип. Третій тип процесів, які також формують високий температурний режим над значною частиною України, характеризується меншою повторюваністю – 11%. На рис.5а показано, що при таких процесах в південних районах обраної території температура може підвищуватися до 14-16 °С. Такий процес пов'язаний із виходом південних циклонів, які проходять через територію України і тим самим створюють підвищений температурний фон (Рис.5б). На середньому рівні тропосфери

приземному полю тиску відповідає меридіональний процес з висотним циклонічним утворенням над всією Європою, який створює умови для зміщення південного циклону біля земної поверхні південними потоками на межі висотного гребеня та висотної улоговини (Рис.5в).

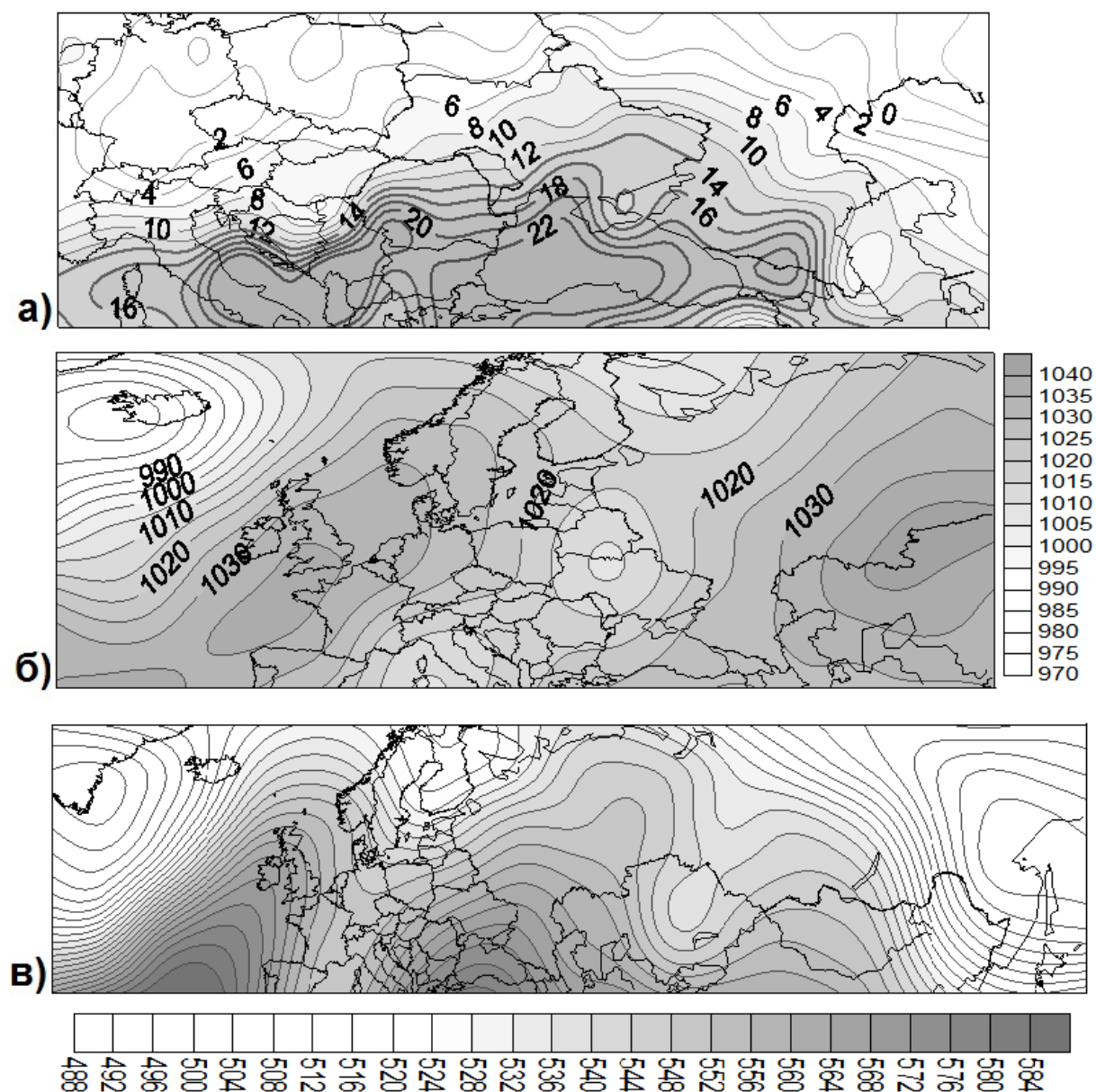


Рис. 5. Приклад процесу III типу: а) просторовий розподіл приземної температури повітря, °С, б) тиску приведенного до рівня моря, гПа, в) геопотенціалу АТ-500, дам

В цілому потрібно зазначити, що всі три типи процесів зумовлюють підвищення температури повітря на території України вище 0 °С, а в окремих випадках (ближче до весни або осені) – до 10-16 °С, що перевищує граничне значення 95-перцентилля для більшої частини України. Найбільшою є частота першого типу процесу. Третій тип процесів є екстремальним не тільки в контексті створення умов для прояву АВТ над Україною, але може призводити до сильних і навіть екстремальних опадів у вигляді дощу або мокрого снігу. Решта 20 % синоптичних процесів із АВТ в Україні характеризуються різними положеннями циклонів або системи циклонів над центральною, західною або південною частинами Європи, тому їх не було об'єднано в окремий тип.

Висновки. Таким чином, частота аномально-високих температур в останні десятиліття збільшилася над південною частиною України, відмічено незначне підвищення частоти випадків АВТ над західними регіонами країни. Формування високого температурного фону над територією України створюють три основні типи синоптичних ситуацій, які мають різну ймовірність та тривалість прояву. Найбільш стійким і найбільш ймовірним є перший тип синоптичних ситуацій, який характеризується зональністю атмосферних рухів. Еволюція поля тиску першого типу синоптичної ситуації приводить до появи третього типу, який відзначається виходом південного циклону. Другий тип синоптичних процесів має меншу ймовірність по відношенню до першого типу. Тривалість другого типу значно поступається тривалості першого типу синоптичних процесів, що визначається різко-меридіональним характером атмосферних рухів у тропосфері.

Список літератури

1. Боков В. Н., Воробьев В. Н. Изменчивость атмосферной циркуляции и изменение климата. Ученые Записки. 2010. №13. С. 83-88. 2. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 488 с. 3. Дзердзеевский Б.Л., Монин А.С. Типовые схемы общей циркуляции атмосферы и индекс циркуляции. Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1954. № 6. С. 562-574. 4. Звіт про НДР №1/12 «Фізико-статистичний аналіз та прогноз зміни сучасного клімату регіонів України для підтримання сталого розвитку економіки України», УкрГМІ, 2014. № держреєстрації 0112U004651. 5. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К., Щеглов А. А. Тенденция современного температурно-влажностного режима Украины к аномальности за счет атмосферных процессов в летний сезон. Наук. Пр. УкрГМІ, 2016. Вип. 268. С. 15-24. 6. Мартазинова В. Ф., Иванова Е.К. Использование синоптической информации методов плавающего и традиционного аналогов в представлении текущих синоптических процессов. Наук. Пр. УкрНДГМІ, 2008. вип.257. С. 5-15. 7. Cohen J., James A., Screen J.A., Furtado J.C., Barlow M., Whittleston D., Coumou D., Francis J., Dethloff K., Entekhabi D., Overland J., Jones J. Recent Arctic amplification and extreme midlatitude weather. Nature Geoscience. 2014. N.7. P. 627-637. 8. Domonkos P., Kysely, Piotrowicz K., Petrovic P., Ilikso T. Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. Int. J. Climatol, 2003. 23. 9871010. 9. G. J. van Oldenborgh et al. Western Europe is warming much faster than expected. Clim Past. 2009. 5. 1-12. 10. Kalnay, E. et al.: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bulletin of the American Meteorological Society. 1996. 77. 437471. 11. Loikith P.C., Broccoli A.J. Characteristics of Observed Atmospheric Circulation Patterns Associated with Temperature Extremes over North America. J. Climate. 2012. 25. 72667281. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00709.1>. 12. Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long term analysis of heatwaves in Ukraine. International Journal of Climatology. 2013. DOI : 10.1002/jo., P.3792. 13. Martazinova V. The Classification of Synoptic Patterns by Method of Analogs. J. Environ. Sci. Eng., 2005. 7. P. 61-65. 14. Pfahl S. Characterising the relationship between weather extremes in Europe and synoptic circulation features, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2014. 14. 1461-1475. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1461-2014>. 15. Tomczyk A.M., Bednorz E. Heat waves in Central Europe and their circulation conditions. International Journal of Climatology, 2016. Vol. 36(2). P. 770782.

References

1. Bokov V. N., Vorob'ev V. N. Izmenchivost' atmosfernoj cirkuljacii i izmenenie klimata. Uchenye Zapiski. 2010. №13. S. 83-88. 2. Girs A.A. Makrocirkuljacionnyj metod dolgosrochnyh meteorologicheskikh prognozov. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 488 s. 3. Dzerdzeevskij B.L. Monin A.S. Tipovye shemy obshhej cirkuljacii atmosfery i indeks cirkuljacii. Izv. AN SSSR. Ser. geofiz. 1954. № 6. S. 562-574. 4. Zvit pro NDR №1/12 «Fizyko-statystychnyyanaliz ta prohnoz zminy suchasnoho klimatu rehioniv Ukrayiny dlya pidtrymannya staloho rozvytku ekonomiky Ukrayiny», UkrHMI, 2014. № derzhreyestratsiyi 0112U004651. 5. Martazinova V.F., Ivanova E.K., Shheglov A.A. Tendencija sovremennogo temperaturno-vlazhnostnogo rezhima Ukrainy k anomal'nosti za

schet atmosferyhnyh processov v letnij sezon . Nauk. Pr. UkrGMI. 2016. Vip. 268. S. 15-24. **6.** Martazinova V.F., Ivanova E.K. Ispol'zovanie sinopticheskoy informacii metodov plavajushhego i tradicionnogo analogov v predstavlenii tekushhih sinopticheskikh processov. Nauk. Pr. UkrNDGMI vip.257 2008. S. 5-15. **7.** Cohen J., James A., Screen J.A., Furtado J.C., Barlow M., Whittleston D., Coumou D., Francis J., Dethloff K., Entekhabi D., Overland J., Jones J. Recent Arctic amplification and extreme midlatitude weather . Nature Geoscience. 2014. N.7. P. 627-637. **8.** Domonkos P., Kysely, Piotrowicz K., Petrovic P., Ilikso T. Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. Int. J. Climatol. 2003. 23. 9871010. **9.** G. J. van Oldenborgh et al. Western Europe is warming much faster than expected. Clim Past. 2009. 5. 1-12. **10.** Kalnay, E. et al.: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bulletin of the American Meteorological Society. 1996. 77. 437471. **11.** Loikith P.C., Broccoli A.J. Characteristics of Observed Atmospheric Circulation Patterns Associated with Temperature Extremes over North America. J. Climate. 2012. 25. 72667281. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00709.1>. **12.** Shevchenko O. , Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long term analysis of heatwaves in Ukraine. International Journal of Climatology. 2013. DOI : 10.1002/joc.,P.3792. **13.** Martazinova V. The Classification of Synoptic Patterns by Method of Analogs. J. Environ. Sci. Eng., 2005. 7. P. 61-65. **14.** Pfahl S. Characterising the relationship between weather extremes in Europe and synoptic circulation features, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2014. 14. 1461-1475. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1461-2014>. **15.** Tomczyk A.M., Bednorz E. Heat waves in Central Europe and their circulation conditions. International Journal of Climatology, 2016. Vol. 36(2). 770782.

Зимові синоптичні процеси при аномально-високих температурах повітря в Україні Щеглов О.А.

Досліджено випадки з аномально-високою температурою повітря вище 95-го перцентилія фактичного розподілу у кожній точці регулярної сітки над Україною та суміжними регіонами. Виявлено збільшення частоти випадків з аномально-високою температурою повітря в останні роки відносно кінця 20 століття над південною та західною частинами України. Наводиться опис типових процесів, що призводять до аномально-високої температури повітря за останні 30 років (1987-2017 рр.) в Україні. Виділено три основні типи синоптичних процесів, що призводять до аномально-високої температури повітря. Один з виділених типів характеризується зональністю і два – меридіональністю повітряних потоків у тропосфері.

Ключові слова: синоптичні процеси, екстремальні температури, аномально-високі температури, Україна.

Зимние синоптические процессы при аномально-низких температурах воздуха в Украине Щеглов А.А.

Исследованы случаи с аномально-высокой температурой воздуха выше 95-го перцентилія фактического распределения в каждой точке регулярной сетки над Украиной и смежными регионами. Выявлено увеличение частоты случаев с аномально-высокой температурой воздуха относительно конца 20 века над южной и западной частями Украины. Приводится описание типовых процессов, приводящих к случаям с аномально-высокой температурой воздуха за период 1987-2017 гг. в Украине. Выделены три основных типа синоптических процессов, приводящих к аномально-высокой температуре воздуха. Один из выделенных типов характеризуется зональностью и два – меридиональностью воздушных потоков в тропосфере.

Ключевые слова: синоптические процессы, экстремальные температуры, аномально-высокие температуры, Украина.

Winter synoptic processes with extreme high air temperatures in Ukraine Shcheghlov O.A.

The cases with an extreme high air temperature above 95th percentile of distribution at each point of the regular grid over Ukraine and neighboring regions are investigated. An increase in the frequency of cases with extreme high air temperatures in the last years relative to the end of the 20th century over the southern and western parts of Ukraine was revealed. A description is given for the typical processes that lead to extreme high air temperatures over the past 30 years (1987-2017) in Ukraine. There are three main types of synoptic processes that lead to extreme high air temperatures. One of the distinguished types is characterized by zonal and two – by meridional air flows in the troposphere. All three types of processes cause an increase in the air temperature in the territory of Ukraine to 0 °C and higher, sometimes to 10-

16°C, which exceeds the value of 95-percentile air temperatures for most of Ukraine. The highest frequency is for the first type of processes. The third type of processes is extreme not only in the context of creating extreme temperature events over Ukraine, but it can lead to extreme precipitation of both liquid and solid forms. The first group of processes is characterized by the expanded area of subtropical high pressure, which creates a pronounced zonal process at both surface and middle level of the troposphere. The temperature regime during such synoptic situation can be high within two or more weeks. The formation of high winter temperatures in winter by processes of the second type for the territory of Central and Eastern Europe, including the territory of Ukraine in the range above zero and up to 10-12 °C, occurs due to the expanded subtropical high pressure. The third type of process involves the northward movement of cyclones that pass through the territory of Ukraine and thereby transfer warm air masses in the warm sector.

Keywords: synoptic processes, extreme temperatures, temperature anomaly, Ukraine.

Надійшла до редколегії 14.09.2018

УДК 551.501.8+551.576

Шпиг В.М., Заблоцька Т.М., Гуда К.В.

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

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРОНТАЛЬНИХ ХМАРНИХ СИСТЕМ: СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ

Ключові слова: фронтальні хмарні системи, мікрофізичні характеристики, супутникові спостереження, літакові зондування, радіолокаційні вимірювання

Вступ. Вивчення хмарного покриву актуальне як для оцінки змін клімату, побудови моделей загальної циркуляції атмосфери, так і для вирішення більш прикладних завдань – визначення різних факторів щодо безпечності польотів авіації (бовтанка, обледеніння, грозові розряди, потужні вертикальні рухи); поглинання електромагнітних хвиль для радіо-, теле- чи космічного зв'язку; для сільського господарства (оскільки внаслідок зміни радіаційного балансу земної поверхні змінюється режим температури та вологи діяльного шару ґрунту й приземного шару повітря). Останнім часом величезних втрат економіці різних держав світу завдають природні стихійні явища [45], зокрема, сильні опади, грози, град, буревії, які зумовлені насамперед дією атмосферних фронтів [1], тому внутрішня їх будова потребує детальнішого вивчення. На сьогоднішній день це є можливим завдяки літаковому зондуванню атмосфери, радіолокаційним та супутниковим спостереженням.

Метою даної роботи є вивчення сучасного стану питання щодо технічних можливостей інструментальних досліджень мікрофізичних характеристик фронтальних хмарних систем, застосування результатів цих досліджень для вирішення прикладних та теоретичних задач.

Широкомаштабні літакові зондування хмарності розпочались у 60-ті роки ХХ ст., майже одночасно у зарубіжних країнах та у колишньому Радянському Союзі. За кордоном вони проводились у межах виконання конкретних експериментів, а в СРСР були організовані стаціонарні систематичні спостереження на всій території, які і нині мають велике значення у пізнанні хмар. Наразі на території США, Канади, КНР, країн ЄС та ін. держав продовжуються різні експерименти щодо вивчення хмар та вдосконалюється вимірювальна апаратура. Як приклад, можна надати характеристику сучасної апаратури із майже миттєвим визначенням та високою точністю мікрофізичних параметрів хмар на літаку-метеолaboratorії С-130 в

експерименті SHEBA в Арктиці для вивчення радіаційного балансу поверхні Північного Льодовитого океану, табл. 1 [16].

Вищезазначені прилади та більшість літаків-метеолабораторій, що використовуються провідними країнами світу, виробляються у США. Клас цих літаків досить широкий із підйомом до 15 км, тривалістю польотів від 4 до 24 год, швидкістю 360-950 км/год [21].

Виміри всіх параметрів під час польоту обчислюються за допомогою комп'ютера та виводяться за допомогою літакової системи реєстрації, обробки та представлення даних на дисплей. Математичне забезпечення таке, що під час експерименту можна одержувати будь-яку інформацію щодо наступних параметрів: 1) барометрична та геометрична висота, швидкість польоту та напрям вітру; 2) вологість повітря; 3) час, широта, довгота, кути курсу, крену, тангажу; 3) миттєві значення пульсацій всіх компонентів швидкості вітру, температури і вологості; 4) значення радіаційних потоків; 5) характеристика структури та властивостей підстильної поверхні (спеціальні радіометричні виміри); 6) водність та мікроструктура хмар (імпактор крупних частинок, реплікатор хмарних частинок); 7) фотоелектричний поляризаційний лічильник кристалів; 8) автоматичні лазерні дискретні спектрометри; 9) вимірювач хмарних частинок; 10) вимірювач водності; 11) розміри та місце розміщення крупнокрапельних хмар, зон опадів (за даними літакової радіолокаційної апаратури).

Таблиця 1. Характеристика апаратури для виміру мікрофізичних параметрів хмар в експерименті SHEBA

Прилад	Параметр виміру	Діапазон вимірювань	Похибка, %
FSSP	Концентрація і розмір хмарних частинок	2-47 мкм	± 16 для концентрації, ± 20 для діаметру
260K	—	40-620 мкм	—
2Д-С	—	25-800 мкм	—
2Д-Р	—	200-6400 мкм	—
CPI	Концентрація, розмір та образи хмарних частинок	10-2000 мкм	—
King probe	Водність	0,05-3,0 г/м ³	± 15
RICE	Водність переохолоджених крапель	0,001-1,0 г/м ³	20-50

У країнах Великої вісімки раніше і зараз значна увага приділяється вивченню внутрішньої будови хмар; накопичуються знання щодо різних параметрів мікроструктури у кожній формі хмар (спектр крапель, кристалів, їх концентрація, фазовий стан, параметризації та використання у чисельних моделях змін клімату та загальної циркуляції атмосфери). Як приклад, можна навести результати дослідження, виконаного Головною геофізичною обсерваторією ім. Воейкова О.І. (ГГО), шарувато-дощової хмари (Ns) у північних широтах (море Бофорта) завдяки радіолокаційним спостереженням, літаковому та радіозондуванню [25]. Центр циклону містився біля Північного полюсу, шарувато-дощова хмара була зумовлена дією вторинного холодного фронту. Радіолокаційні та літакові спостереження вершини хмари свідчили про затоплену конвекцію. Було здійснено 2 підйоми та 2 спуски за 2 год 42 хв. Хмара була неоднорідна як у просторі, так і в часі, за фазовим станом – змішана (табл. 2).

Також у [25] було визначено спектри хмарних частинок, проведено параметризацію кривих розподілу за розмірами й отримано достатньо задовільне

узгодження між радіолокаційними вимірами хмарних параметрів та даними літакового зондування.

Зважаючи на те, що мікроструктура хмар вкрай неоднорідна у просторі та часі, виділення на цьому фоні статистичних закономірностей просторового розподілу її параметрів потребує значної статистики спостережень, саме тому велику цінність набули дані літакового зондування хмар, накопичені у різні роки над різними територіями: 1958-1963 рр. (територія колишнього Радянського Союзу) [2]; 1977-1984, 1987-1989 рр. (європейська територія колишнього Радянського Союзу, Прибалтика, Далекий Схід, Середня Азія, Болгарія) [17, 21]; кінець 90-х років XX ст. (Канада) [37, 38]. Це дало змогу визначити залежність водності від температури та параметризувати за логарифмічно-нормальним розподілом [17, 20].

Таблиця 2. Просторові та мікрофізичні показники шарувато-дощової хмари

Загальні характеристики хмари	НМ – 1,5-2,5 км. ВМ – 8,5 км. РК – 560-460 гПа. Температура: -13...-25°C.
Опади	Сніг, $D_{\max}=3$ см. Кристали 100-550 мкм, крупні – 1-2 мм. Краплі – від НМ до ВМ (-37°C).
Водність	Сумарна 0,15 г/м ³ . Крапельна частина – 10-25 %.
Кристали	$N_{\max}$ – у верхній частині хмари між ізотерми -15...-29 °C. $N_{\text{сер}}=290$ [1/дм ³]
Хмарні частинки	$N_{\text{сер}}=14200$ [1/дм ³]. Ефективний радіус = 297 мкм
Оптична товщина	26,8. Показник послаблення випромінювання – 5,7 км ⁻¹ .

Примітка: НМ – нижня межа хмари; ВМ – верхня межа хмари; РК – рівень конвективної нестійкості; $N_{\max}$ – максимальна концентрація; $N_{\text{сер}}$ середня концентрація.

Макрофізичні властивості хмар, такі як часткове покриття та потужність (товщина), і мікрофізичні характеристики, такі як водозапас, ефективний радіус краплі та фазовий стан, є ключовими факторами, що впливають на радіаційний баланс.

Мікрофізичні властивості хмар відчутно залежать від фізичних процесів у хмарах та стану навколишнього середовища (концентрація аерозолів і термодинамічні умови). Процеси захоплення та змішування, які модулюють мікрофізичні зв'язки, можуть відбуватися у різний спосіб залежно від умов навколишнього середовища. У рамках кампанії “Амазонка” Зеленого океану (GoAmazon) вимірювалися аерозольні, термодинамічні та мікрофізичні властивості хмар впродовж сухих та вологих сезонів [49]. Просторові розміри хмар були більшими у вологому сезоні, проте у сухому сезоні хмари мали меншу щільність. У хмарах сухого сезону (порівняно із вологим) відмічали більшу концентрацію малих крапель, що пояснюється вищою концентрацією аерозолів. У [49] також запропоновано новий механізм активації крапель. Припускається, що активація крапель за цим механізмом на захоплених аерозолях буде більшою у сухому сезоні через більш сприятливі умови для цього: більші частинки накопичувального типу, більші коливання вертикальної швидкості та більша швидкість турбулентного розсіювання.

Подібна кампанія також проводилася на півдні Західної Африки у 2016 році [33], поєднуючи наземні спостереження, літако- та супутникове зондування та враховуючи результати моделювання погодних умов. Мікрофізичні властивості хмар, визначені за літаковим зондуванням, в експерименті CAIPEEX-2009 були використані для вивчення природи розподілу розмірів хмарних крапель, ефективного радіусу та варіації висоти хмар у різних місцях під час тропічних

індійських мусонів [44]. Було виявлено майже лінійне збільшення значень ефективного радіусу із висотою у всіх регіонах Індії. Водночас швидкість росту крапель мала просторову диференціацію: менші її значення спостерігалися на півночі країни, середні – над центром та найбільші – над північним сходом і півднем.

Мікрофізичні властивості хмар, які існують у межах граничного шару, досліджувалися під час Першого експерименту аерозольних характеристик (ACE-1, листопад-грудень 1995 р.) [27]. Спостереження виконували над акваторією океану на південь від о. Тасманія (40° пд.ш. та 55° пд.ш., 135° сх.д. та 160° сх.д.). Через його віддаленість антропогенний вплив був мінімальним. Максимальна концентрація крапель у хмарі (Sc, Cu) коливалася від 45 до 200 см^{-3} . Ефективний радіус крапель у хмарі змінювався від 4,5 до 16,6 мкм.

Наступним експериментом із цієї серії був ACE-2 [29], під час якого у червні та липні 1997 року вимірювали концентрації ядер конденсації хмар (CCN) при пересиченні 0,1% над північно-східною Атлантикою. Середня концентрація ядер конденсації хмар у морському граничному шарі чистої повітряної маси (N_{ccn}) становила 27 ± 8 та $42 \pm 14 \text{ см}^{-3}$ для хмарних та ясних умов. Знайдено сублінійне співвідношення між вимірним N_{ccn} та прогностичним $N_{\text{ccn}} \sim N_{\text{ccn,predicted}}^{0.51}$. Вимірні співвідношення відтворюються за допомогою адіабатичної моделі.

Морські шарувато-купчасті хмари вивчалися під час експерименту еволюції хмарної системи за допомогою літакової цифрової голографії над акваторією Тихого океану [32].

Для вивчення загальних макро- та мікрофізичних властивостей потужних конвективних хмар також використовуються дані дистанційного зондування [52]. За спостереженнями спектро радіометра MODIS було виявлено, що розподіл оптичної товщини потужних конвективних хмар має невелику багаторічну мінливість у межах окремого регіону. Однак такі розподіли є різними для різних географічних регіонів. Розмір льодяних частинок у потужних конвективних хмарах залежить від яскравісної температури та рельєфу. Потужні конвективні хмари, що розвиваються над підвищеними ділянками, як правило, мають менші за розмірами кристали у верхній частині хмар. Існує додатна кореляція між розміром льодових частинок та яскравісною температурою. Кут нахилу лінії регресії має значні регіональні варіації.

Співставлення наземного спектро радіометра та спектро радіометра із помірно роздільною здатністю зображення (MODIS)-Terra та MODIS-Aqua вказує на те, що загалом встановлені MODIS середні значення оптичної товщини та водозапасу є недооціненими, у той час як середнє значення ефективного радіусу крапель переоцінюється, порівняно із наземними вимірами [34].

Перевірку параметризацій, які були розроблені для супутникових досліджень перенасичення на ядрах конденсації, виконано у [47] на основі вимірювань літаком HALO під час кампанії ACRIDICON-CHUVA над районом Амазонки. Властивості конвективних хмар вимірювали за допомогою хмарного комбінованого зонду (CCP), хмарного та аерозольного спектрометра (CAS-DPOL) та лічильника ядер конденсації хмар. Вимірні концентрації хмарних крапель (N_d) безпосередньо біля нижньої межі хмари порівнювалися із розрахованими значеннями за вимірами швидкості висхідних рухів та спектрів перенасичення ядер конденсації. Значення N_d порівнювалися з концентраціями крапель, які розраховані на основі адіабатичного припущення із використанням вертикальних змін ефективного радіусу крапель над нижньою межею. Розподіли розмірів хмарних крапель та значення водності, отримані за допомогою різних приладів, добре узгоджуються між собою.

У [50] представлені алгоритми отримання мікрофізичних характеристик кристалічних хмар (льодності та масового середнього діаметру) для дощів із шаруватоподібних хмар та наковален потужних конвективних систем, розроблені на

основі даних радіолокації нового покоління (NEXRAD) та емпіричних зв'язків за даними літакових зондувань.

Перисті хмари поряд із іншими ознаками являються передвісниками холодного фронту. Тому є важливим детальніше вивчення мікрофізики і цих хмар. На основі даних радіо-, літакового зондування та радіолокаційних даних, отриманих протягом II-го Регіонального Експерименту (FIRE II) у рамках Першого Міжнародного Проекту Супутникової Кліматології Хмар (ISCCP), були запропоновані просте лінійне співвідношення між горизонтальною мінливістю льодності та її середнім значенням та співвідношення, яке описує зв'язок між товщиною перистих хмар та стабільністю навколишнього середовища [48].

Згідно результатів, наведених у [40], у перистих хмарах (діапазон температур в яких коливався від -28°C до -61°C) розподіли часток за розмірами у переважній більшості є бімодальними, з максимальними концентрацією, площею і масою для часток розміром близько 30 мкм та другим (меншим максимумом) для часток розміром 200-300 мкм. Хмарні частки у формі розетки, які включають у себе різні типи кристалів-розеток та пластинчасті полікристали, вносять значний вклад (понад 50%) у загальні площу поверхні та масу хмарних кристалів (ефективний радіус > 50 мкм). Близько 40% маси кристалів (таких же розмірів) припадає на частки нерегулярної форми та по кілька відсотків на кристали у формі колонок та сферичних форм. Пластинчасті кристали становлять менше 1% від загальної маси. Кількість кристалів із ефективним радіусом < 50 мкм становить 99% від їх загального числа, при цьому їх вклад у загальну масу хмарних кристалів – близько 40%. Середня концентрація частинок у перистих хмарах помірних широт становить близько 1 см^{-3} .

Обмежена точність потокових сенсорів, призначених для вимірювання мікрофізичних характеристик, котрі використовуються у дослідженнях перистих хмар, накладає обмеження на використання таких даних для вивчення радіаційних процесів у хмарах цього типу. Використовуючи дані проекту EUCREX, отримані під час польотів у перистих хмарах середніх широт, автори [39] показали, що звичайні прилади (типу PMS 2D-C та FSSP-100) мають недоліки, які можуть призводити до виникнення значних помилок (понад 30%) при оцінюванні радіаційних характеристик хмарності. Такі помилки мають суттєві наслідки при їх використанні у задачах моделювання клімату. У зв'язку із чим розпочато розробку нових приладів, які будуть давати надійні результати під час вимірювання дрібних кристалів.

Важливою задачею є відтворення вертикальних профілів льодності взагалі і у перистих хмарах зокрема. Алгоритм її відтворення за даними лідарів та радарів описано у [51].

Для визначення взаємозв'язку між оптичною товщиною, ефективним радіусом, водністю хмар та кількістю опадів було здійснено аналіз наземних та супутникових вимірів над територією Індії. Було отримано, що у тропічних широтах значення водності, ефективного радіусу та оптичної товщини між собою дуже відрізняються. Кількість опадів у цьому регіоні складним чином залежить від оптичної товщини та ефективного радіусу. На зв'язок між кількістю опадів з одного боку та оптичною товщиною/ефективним радіусом з іншого сильно впливає віддаленість від узбережжя та ступінь закритості території. Також було виявлено, що для сильного дощу ефективний радіус хмари може бути визначальним фактором при визначенні загальної кількості опадів [28].

Властивості крапельних хмар можуть змінюватися шляхом перенесення забруднення на великі відстані з одного до іншого регіону. Вплив перенесення аерозолів на мікрофізичні властивості низьких крапельних хмар в Арктиці досліджено у [46], де з цією метою використовували супутникові дані, результати

моделювання перенесення малих газових складових та дані метеорологічних спостережень. Було визначено взаємодію між аерозолями та хмарами, яка виражається параметром, що являє собою співвідношення відносних змін мікрофізичних властивостей хмар до відносних коливань концентрацій забруднення при одночасному врахуванні сухого або мокрого очищення аерозолів на шляху до Арктики. Величина запропонованого у [46] параметру зростає зі збільшенням значень питомої вологості повітря та зі зменшенням стійкості стратифікації і є найвищою, коли рівень забруднення низький.

Дослідження мікрофізичних характеристик крапельних хмар як у Північній, так і у Південній півкулях проводили за допомогою продуктів системи CloudSat [30, 36]. Вивчалися їх регіональні відмінності, особливості у залежності від стадії розвитку хмар, вертикальна структура хмар тощо.

Приклад застосування нового алгоритму для включення фази хмарних часточок, ефективного радіусу, а також водозапасу та льодозапасу до даних геостационарного оперативного екологічного супутника GOES-8, зроблених протягом 1998 і 2000 років, представлено у [43].

В Україні найбільше вимірів мікроструктури хмар накопичено протягом 1958-1990 рр. (4 стаціонарні пункти вертикального зондування та близько 10 тис. зондувань хмар від нижньої до верхньої межі, що завжди виконували перед прийняттям рішення щодо проведення активних впливів). Для кожної основної форми хмар отримано середні, модальні, медіанні значення водності для всіх сезонів року [2, 7, 26], оцінено горизонтальний розподіл водності в хмарах різних форм [15]. Вертикальний розподіл водності представлено безрозмірними показниками та апроксимовано інтерполяційними поліномами [13]. Для конкретних фронтальних систем оцінено водозапас, його відновлення та опадогенеруючу здатність [8].

Просторова структура (потужність, горизонтальні та вертикальні межі, розшарованість, режим температури в хмарах та за їх межами) конкретних хмарних систем фронтів різного типу (холодний, теплий, оклюзія) всебічно (порівняно із зарубіжними дослідженнями) була досліджена над територією України як в холодний (208 фронтів), так і в теплий (255 фронтів) період року за характерними для досліджуваної території синоптичними процесами: 1) ультраполярні вторгнення, 2) північно-західні холодні вторгнення, 3) північно-західні циклони, 4) західні циклони, 5) південно-західні циклони, 6) південні циклони. Для цього проводили серії вертикального літакового зондування з 3-х годинними інтервалами та об'єкти хмарних систем з вертикально-горизонтальним зондуванням [9, 23].

Вивчення купчастих та потужно-купчастих хмар проводилось методом стерео-фотограмметричної зйомки при підйомі чи зниженні літака. При цьому визначались просторові характеристики хмар (верхня та нижня межа кожної хмари, її вертикальна товщина, об'єм, площа покриття хмарами земної поверхні) і температурний режим при короткочасному входженні літака в хмару [3, 24].

Згодом увага була приділена купчасто-дощовим хмарам. У зв'язку із небезпечністю польотів у таких хмарах основним методом досліджень став радіолокаційний, а саме:

1) встановлено, що частинки опадів у купчасто-дощових хмарах зароджуються при від'ємних температурах [10];

2) досліджені характеристики ізольованих радіоехо зливових осередків та місце зародження нових на фронті та по відношенню до зрілої купчасто-дощової хмари [5, 11];

3) визначено, що 60% купчасто-дощових хмар є однокомірковими, а 40% – багатокомірковими [3];

4) утворення нових осередків має місце переважно у першу половину життя хмари, а інтенсивний розвиток осередків опадів супроводжується об'єднанням основного осередка з виникаючими у нього в тилу [5, 12].

Фазовий стан хмар є однією з найважливіших характеристик, тому що впливає на їх стійкість та існування, ступінь можливості утворення опадів, радіаційний теплообмін, поглинання електромагнітних хвиль, обледеніння літаків. Загалом визначають три типи фазового стану: крапельний, кристалічний та змішаний [14]. Але це грубий поділ, необхідно класифікувати хмари таким чином, щоб було вказано співвідношення крапель та льодяних часток. Інформацію про фазовий стан у такому вигляді можна параметризувати для подальшого використання у чисельному моделюванні крпомасштабних процесів.

Мазінім І.П. було введено поняття індексу фазового стану хмар [18] або локальної фазової структури хмар, тобто фазова структура в локальній області близько 100 м і менше [19]. Це співвідношення маси льоду до маси води залежно від температури. Статистичні дані щодо повторюваності таких співвідношень були отримані на базі літакового зондування хмар в Канаді [42], при цьому використовувався прилад Невзорова А.М. [22], за допомогою якого вимірювались окремо повна водність (краплі та льодяні частинки) та крапельна. Різниця між ними становила значення льодності. Такий метод визначення фазового стану слід вважати як найбільш перспективний.

Літакові зондування попри свою інформативність мають і декілька принципових обмежень: 1) неможливість одночасного просторово-часового охоплення великих територій; 2) висока вартість; 3) обмеженість використання у купчасто-дощових хмарах, тропічних циклонах, гірських районах тощо. Найбільш перспективним та дешевим (з точки зору кількості потенціальних користувачів) джерелом отримання різнопланових даних про хмари є штучні супутники Землі. Проте їх використанню повинен передувати період калібрування та верифікації приладів. Такі роботи ведуться у багатьох країнах вже давно. Наприклад, у [5] наведено результати верифікації верхньої межі хмар, фазового стану поблизу верхньої межі, максимальної водності для помірних широт території Росії. Виміри верхньої межі порівнювали з відповідними даними радіолокаційних спостережень, фазового стану – з формою хмар, властивою реальній синоптичній ситуації під час вимірювань, максимальної водності для певної форми хмар та періоду року – з кліматичними даними та синоптичною ситуацією. Достовірність вимірів оцінено як задовільна.

Верифікацію супутникових вимірів верхньої межі хмар різних форм та їхніх мікрофізичних характеристик (оптична товщина, водозапас, фазовий стан та ефективний радіус крапель на верхній межі) виконано і для території України [6]. Супутникові виміри зазначених параметрів проводили впродовж 2011 – 2015 рр. Проаналізовано десятки тисяч спостережень. Достовірність супутникових вимірів всіх параметрів оцінювали окремо для кожної форми хмар залежно від її бальності. Для порівняльного аналізу використано середні статистичні дані літакового зондування за більш ніж 30-ти річний період (1958 – 1990 рр.) та синхронні дані радіозондування. Отримані дані представлені у доступному для практичного використання вигляді: верхня межа – для кожної форми хмар, оптична товщина – просторовий розподіл для території України, водо запас – коефіцієнти логарифмічно-нормального розподілу відповідно до бальності хмари, фазовий стан – залежно від висоти верхньої межі та температури, ефективний радіус крапель – щільність розподілу. Всі ці дані можуть бути використані для уточнення механізмів хмаро- та опадоутворення, розроблення чисельних моделей прогнозу погоди, в оперативній роботі для прогнозування небезпечних явищ, при проведенні активних

впливів з метою збільшення опадів чи запобігання виникнення небезпечних явищ, а також у різних галузях економіки країни (наприклад, для оцінки послаблення електромагнітних хвиль у хмарах).

Висновки.

1. За останні три десятиліття технічні можливості інструментальних вимірів мікрофізичних характеристик фронтальних хмарних систем та окремих хмар значно зросли. У першу чергу це відбулося за рахунок вдосконалення точності і роздільної здатності приладів, встановлених на метеорологічних супутниках, та збільшення кількості останніх загалом. Мало місце і вдосконалення метеорологічних радіолокаторів та обладнання літаків-метеолaborаторій.

2. Протягом останніх трьох десятиліть відмічається чітка тенденція до проведення комплексних досліджень хмарності, коли використовується більше, ніж одне джерело емпіричних даних про її мікрофізичну структуру, динаміку тощо. Літакові, радіолокаційні та інші засоби інструментальних спостережень більшою мірою слугують джерелом інформації для калібрування та верифікації супутникових приладів.

3. Для відтворення реального мікрофізичного стану фронтальних хмарних систем у такий спосіб, щоб були відображені всі просторові та часові зміни необхідні супутникові спостереження. Такі роботи почали проводити зараз в різних країнах. Результати верифікації засвідчили достовірність супутникових вимірів мікрофізичних параметрів хмар різних форм та їх верхньої межі.

4. Відносно дешева собівартість та повнота щоденної інформації щодо хмарності, яка отримується за допомогою метеорологічних супутників, сприяють все більшому їх використанню для вирішення різних прикладних та теоретичних задач, зокрема: моделювання та параметризація мікрофізичних характеристик загалом та хмарних кристалів зокрема у перистих хмарах, наковальнях купчасто-дошових хмар та морських шарувато-купчастих хмарах; моделювання радіаційних процесів у хмарах; моніторинг опадів та атмосферного забруднення тощо.

5. На сьогодні практично відсутні дані щодо розміру та форми порівняно однорідних (з точки зору фазового стану) хмарних ділянок та їх повторюваності в хмарах, чередування ділянок з різною фазою. Тому в подальшому необхідно накопичувати статистику вимірів локальної фазової структури в хмарах різних форм як на різних висотах відносно нижньої межі (за наявності літакового зондування), так і в горизонтальному просторі (наприклад, сотні кілометрів для шаруватоподібних хмар за даними супутникових спостережень). Це дозволить отримати середні розміри ділянок з однофазною структурою, їх розподіл за розмірами, а також масштаби кореляції локальної фазової структури хмар (тобто автокореляція співвідношень). Для чисельних моделей можна використовувати залежність від температури параметризованих значень накопиченої повторюваності індекса фазової структури [38].

Список літератури

1. Балабух В.О. Періодичність та міжрічна мінливість інтенсивності синоптичних процесів, що зумовлюють стихійну кількість опадів у теплий період. Навколишнє природне середовище, 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології, інтеграція освіти і науки, II міжнар. наук.-техн. конф.: Тези доповідей. Одеса, 2007. С. 130. 2. Войт Ф.Я., Мазин И.П. Водность кучевых облаков. Изв. АН СССР. ФАО, 1972. т. VIII. № 11. С. 1166-1176. 3. Войт Ф.Я., Корниенко Е.Е., Хусид С.В. Некоторые результаты исследования динамической структуры кучевых облаков. Тр. УкрНИГМИ, 1969. Вып. 82. С. 92-97. 4. Волинец Л.М., Маркович М.Л., Мучник В.М. Некоторые характеристики отдельных ливней по данным радиолокационных наблюдений. Метеорология и гидрология, 1965. № 3. С. 21-23. 5. Волкова Е.В., Успенский А.Б. Детектирование облачности и определение ее параметров

по спутниковым данным в светлое время суток. Метеорология и гидрология, 2007. № 12. С. 5-20. **6.** *Заболоцька Т.М., Кривобок О.А., Скриник О.Я., Шпиг В.М.* Верифікація супутникової інформації щодо мікрофізичних характеристик та верхньої межі хмар. Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, 2016. Вип. 268. С. 24-33. **7.** *Заболоцкая Т.Н., Крочак С.А., Рудько Ю.С.* Водность и фазовое состояние облаков различных форм. Труды УкрНИИ Госкомгидромета, Вып. 221. С. 50-58. **8.** *Заболоцкая Т.Н., Кушнир В.С., Шпиталь Т.Н.* Водозапасы облаков различных форм и фронтальных облачных систем. Тр. УкрНИГМИ, 1992. Вып. 243. С. 69-78. **9.** *Заболоцкая Т.Н., Мазин И.П.* Температурный режим облаков слоистых форм над территорией Украины. Метеорология и гидрология, 1988. № 11. С. 11-21. **10.** *Заболоцкая Т.Н., Мучник В.М.* К вопросу о зарождении дождя в конвективных облаках. Тр. УкрНИГМИ, 1969. Вып. 89. С. 38-44. **11.** *Заболоцкая Т.Н., Мучник В.М.* Мезометеорологические условия образования очагов ливней. Тр. УкрНИГМИ, 1971. Вып. 106. С. 99-104. **12.** *Заболоцкая Т.Н., Мучник В.М.* Некоторые особенности обильных осадков на Украине. Метеорология и гидрология, 1980. № 12. С. 107-109. **13.** *Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М.* Вертикальний розподіл водності в хмарах різних форм. Наук. праці УкрНДГМІ, 2010. Вип. 259. С. 121-131. **14.** *Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М.* Вертикальний і горизонтальний розподіл фазового стану в хмарах різних форм. Наук. праці УкрНДГМІ, 2011. Вип. 260. С. 80-94. **15.** *Заболоцька Т.М., Шпиталь Т.М.* Горизонтальний розподіл водності в хмарах різних форм. Наук. праці УкрНДГМІ, 2009. Вип. 258. С. 106-113. **16.** *Лоусон Р.П., Синькевич А.А.* Самолетные исследования слоистого облака в Арктике. Метеорология и гидрология, 2005. № 10. С. 43-52. **17.** *Мазин И.П.* Водность континентальных облаков. Метеорология и гидрология, 1992. № 10. С. 36-47. **18.** *Мазин И.П.* О классификации облаков по их фазовому строению. Индекс фазового строения облаков. Метеорология и гидрология. 2001. № 11. С. 5-10. **19.** *Мазин И.П.* К вопросу о фазовой структуре облаков. Метеорология и гидрология, 2004. № 3. С. 5-26. **20.** *Мазин И.П., Монахова Н.А., Шугаев В.Ф.* Вертикальное распределение водности и оптических характеристик в континентальных облаках слоистых форм. Метеорология и гидрология, 1996. № 9. С. 14-34. **21.** *Мельничук Ю.В., Невзоров А.Н., Шур Г.Н.* Исследования атмосферы с помощью самолетов лабораторий за рубежом. Метеорология и гидрология, 1980. № 2. С. 112-119. **22.** *Невзоров А.Н., Шугаев В.Ф.* Наблюдения ранней стадии эволюции ледяной фазы в переохлажденных облаках. Метеорология и гидрология, 1992. № 1. С. 84-92. **23.** *Пономаренко И.Н., Кошенко А.М., Заболоцкая Т.Н.* Вертикальная мощность и структура облачности в зонах фронтов над Украиной при различных синоптических процессах. Труды УкрНИГМИ, 1965. Вып. 48. С. 67-78. **24.** *Прихотько Г.Ф.* Искусственные осадки из конвективных облаков. Л: Гидрометеиздат, 1968. 176 с. **25.** *Синькевич А.А., Матросов С.Ю.* Строение арктического слоисто-дождевого облака по данным самолетных и радиолокационных измерений. Метеорология и гидрология, 2008. № 10. С. 34-51. **26.** *Солянек Е.Г., Хусид С.В.* Водность и водозапасы слоистообразных облаков над степной частью Украины в переходные сезоны года. Тр. УкрНИГМИ, 1980. Вып. 179. С. 59-65. **27.** *Boers R., Krummel P.B.* Microphysical properties of boundary layer clouds over the Southern Ocean during ACE 1. Journal of Geophysical Research, 1998. Vol. 103. P. 651-663. **28.** *Chakraborty S., Maitra A.* Interrelation between microphysical and optical properties of cloud and rainfall in the Indian region. Indian Journal of Radio & Space Physics, 2013. Vol. 42. P. 105-112. **29.** *Chuang P.Y., Collins D.R., Pawlowska H. et al.* CCN measurements during ACE-2 and their relationship to cloud microphysical properties. Tellus, 2000. Vol. 52B. P. 843-867. **30.** *Gao W., Sui C.-H., Hu Z.A.* Study of macrophysical and microphysical properties of warm clouds over the Northern Hemisphere using CloudSat/CALIPSO data. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2014. №119. P. 3268-3280. **31.** *Gerber H., Twohy C.H., Gandrud B. et al.* Measurements of wave-cloud microphysical properties with two new aircraft probes. Geophysical research letters, 1998. Vol. 25. №5. P. 1117-1120. **32.** *Glienke S., Kostinski A., Fugal J. et al.* Microphysical Properties of Marine Stratocumulus Clouds Measured with Airborne Digital Holography: Cloud Droplets to Drizzle, and Microphysical Variability. Geophysical Research Abstracts, 2018. Vol. 20. **33.** *Hahn V., Voigt C., Catoire V. et al.* New in-situ measurements of microphysical cloud properties in West Africa – Impact of aerosol on low level clouds. Geophysical Research Abstracts, 2018. Vol. 20. **34.** *Harikishan G., Padmakumari B., Mahes Kumar R.S. et al.* Macrophysical and microphysical

properties of monsoon clouds over a rain shadow region in India from ground-based radiometric measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2014. №119. P. 4736-4749. **35.** *Hirsch E., Agassi E., Koren I.* Determination of optical and microphysical properties of thin warm clouds using ground based hyper-spectral analysis. *Atmospheric Measurement Techniques*, 2012. №5. P. 851-871. **36.** *Kawamoto K., Suzuki K.* Microphysical transition in water clouds over the Amazon and China derived from space-borne radar and radiometer data. *Journal of Geophysical Research*, 2012. Vol. 117. D05212. **37.** *Korolev A.V., Isaac G.A., Cober S.G. et al* Microphysical characterization of mixed phase clouds. *Q.J.R.M.S.*, 2003. Vol. 129. P. 39-65. **38.** *Korolev A.V., Strapp J.W., Isaac G.A., Nevzorov A.N.* The Nevzorov airborne hot-wire LWC-TWC probe: Principle of operation and performance characteristics. *J. Atmos. Oceanic. Technol.*, 1998. Vol. 15. P. 1495-1510. **39.** *Larsen H., Gayet J., Febvre G. et al.* Measurement errors in cirrus cloud microphysical properties. *Annales Geophysicae*, 1998. №16. P. 266-276. **40.** *Lawson R. Paul, Baker Brad, Pilson Bryan, Mo Qixu In Situ* Observations of the Microphysical Properties of Wave, Cirrus, and Anvil Clouds. Part II: Cirrus Clouds. *Journal of the Atmospheric sciences*, 2006. Vol. 63. P. 3186-3202. **41.** *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives / [Ed. by Mohamed Abchir, Carmen Schlosser, Ian Davis et al.].* Geneva: United Nations, 2004. 457 p. **42.** *Mazin I.P., Nevzorov A.N., Shugaev V.F., Korolev A.V.* Phase structure of stratiform clouds. In: *Proc. of 11th ICCP, Montreal, 1992. Vol. 1. P. 332-335.* **43.** *Minnis P., Smith W. L., Young D. F.* Cloud Macro- and Microphysical Properties Derived from GOES Over the ARM SGP Domain. *Eleventh ARM Science Team Meeting Proceedings*, 2001. P. 1-11. **44.** *Morwal Savita B., Mahes Kumar R.S., Kumari B. Padma et al.* Cloud microphysical properties over Indian monsoon regions during CAIPEEX-2009. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2012. №81. P. 76-85. **45.** *Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture / [Ed. by Mannava V.K. Sivakumar., Raymond P. Motha, Haripada P. Das.].* Berlin/Heidelberg – New York: Springer, 2005. 367 p. **46.** *Quentin C., Timothy J.G., Jérôme R. et al.* Effects of long-range aerosol transport on the microphysical properties of low-level liquid clouds in the Arctic. *Atmos. Chem. Phys.*, 2016. №16. P. 4661-4674. **47.** *Ramon C.B., Daniel R., Ralf W. et al.* Comparing parameterized versus measured microphysical properties of tropical convective cloud bases during the ACRIDICON-CHUVA campaign. *Atmos. Chem. Phys.*, 2017. №17. P. 7365-7386. **48.** *Samantha A.S., Anthony D.D.* Analysis of Aircraft, Radiosonde and Radar Observations in Cirrus Clouds Observed during FIRE II: The Interactions between Environmental Structure, Turbulence, and Cloud Microphysical Properties. *Journal of the atmospheric sciences*, 2001. P. 451-461. **49.** *Seong S. Yoo, Yeom Jae Min, Mei Fan et al.* Aircraft measurement of contrasting cloud microphysical relationships between the dry and wet seasons in Amazon during the GoAmazon campaign. *Geophysical Research Abstracts*, 2018. Vol. 20. **50.** *Tian Jingjing, Dong Xiquan, Xi Baike et al.* Retrievals of ice cloud microphysical properties of deep convective systems using radar measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2016. Vol. 121. P. 820-839. **51.** *Wang Z., Sassen K.* Cirrus Cloud Microphysical Property Retrieval Using Lidar and Radar Measurements. Part I: Algorithm Description and Comparison with In Situ Data. *Journal of Applied Meteorology*, 2002. Vol. 41. P. 218-229. **52.** *Yuan T., Li Z.* General Macro- and Microphysical Properties of Deep Convective Clouds as Observed by MODIS. *Journal of Climate*, 2010. Vol. 23. P. 3457-3473.

References

1. *Balabukh V.O.* Periodychnist ta mizhrichna minlyvist intensyvnosti synoptychnykh protsesiv, scho zumovliuiut styhiynu kilnist opadiv u teplyi period. *Navkolyshe pryrodne seredovyshe*, 2007: aktualni problemy ekologii ta gidrometeorologii – Integratsiya osvity i nauky, II mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferencija : Tezi dopovidey. Odesa, 2007. S. 130. **2.** *Voyt F.Ya., Mazin I.P.* Vodnost kuchevelyh oblakov. *Izv. AN SSSR. FAO*, 1972. t. VIII. № 11. S. 1166-1176. **3.** *Voyt F.Ya., Kornienko E.E., Husid S.V.* Nekotorye rezultaty issledovaniya dinamicheskoy struktury kuchevelyh oblakov. *Tr. UkrNIGMI*. 1969. Vyp. 82. S. 92-97. **4.** *Volynets L.M., Markovich M.L., Muchnik V.M.* Nekotorye harakteristiki otdelnykh livney po dannym radiolokatsionnykh nablyudeniy. *Meteorologiya i gidrologiya*, 1965. № 3. S. 21-23. **5.** *Volkova E.V., Uspenskiy A.B.* Detektirovanie oblachnosti i opredelenie ee parametrov po sputnikovym dannym v svetloe vremya sutok. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2007. № 12. S. 5-20. **6.** *Zabolotska T.M.,*

Kryvobok O.A., Skrynyk O.Ya., Shpyg V.M. Verifikatsiya suputnikovoi informatsii schodo mikrofizichnih karakteristik ta verhnioi mezhi hmar // Nauk. pratsi UkrNDGMI, 2016. Vyp. 268. S. 24-33. **7.** Zabolotskaya T.N., Krochak S.A., Rudko Yu.S. Vodnost i fazovoe sostoyanie oblakov razlichnyh form. Trudy UkrNII Goskomgidrometa, 1987. Vyp. 221. S. 50-58. **8.** Zabolotskaya T.N., Kushnir V.S., Shpital T.N. Vodozapasy oblakov razlichnyh form i frontalnyh oblachnyh sistem. Tr. UkrNIGMI, 1992. Vyp. 243. S. 69-78. **9.** Zabolotskaya T.N., Mazin I.P. Temperaturnyy rezhym oblakov sloistyh form nad territoriyey Ukrainy. Meteorologiya i gidrologiya, 1988. №11. S. 11-21. **10.** Zabolotskaya T.N., Muchnik V.M. K voprosu o zarozhdenii dozhdya v konvektivnyh oblakah. Tr. UkrNIGMI, 1969. Vyp. 89. S. 38-44. **11.** Zabolotskaya T.N., Muchnik V.M. Mezometeorologicheskie usloviya obrazovaniya ochagov livney. Tr. UkrNIGMI, 1971. Vyp. 106. S. 99-104. **12.** Zabolotskaya T.N., Muchnik V.M. Nekotoryie osobennosti obilnyh osadkov na Ukraine. Meteorologiya i gidrologiya, 1980. № 12. S. 107-109. **13.** Zabolotska T.M., Pidgurska V.M., Shpital T.M. Vertykalniy rozpodil vodnosti v hmarah riznih form. Nauk. pratsi UkrNDGMI, 2010. Vyp. 259. S. 121-131. **14.** Zabolotska T.M., Pidgurska V.M., Shpital T.M. Vertykalniy i goryzontalniy rozpodil fazovogo stanu v hmarah riznyh form. Nauk. pratsi UkrNDGMI, 2011. Vyp. 260. S. 80-94. **15.** Zabolotska T.M., Shpital T.M. Goryzontalniy rozpodil vodnosti v hmarah riznyh form. Nauk. pratsi UkrNDGMI, 2009. Vyp. 258. S. 106-113. **16.** Louson R.P., Sinkevich A.A. Samoletnyie issledovaniya sloistogo oblaka v Arktike. Meteorologiya i gidrologiya, 2005. № 10. S. 43-52. **17.** Mazin I.P. Vodnost kontinentalnyh oblakov. Meteorologiya i gidrologiya, 1992. № 10. S. 36-47. **18.** Mazin I.P. O klassifikatsii oblakov po ih fazovomu stroeniyu. Indeks fazovogo stroeniya oblakov. Meteorologiya i gidrologiya, 2001. № 11. S. 5-10. **19.** Mazin I.P. K voprosu o fazovoy strukture oblakov. Meteorologiya i gidrologiya, 2004. № 3. S. 5-26. **20.** Mazin I.P., Monahova N.A., Shugaev V.F. Vertikalnoe raspredelenie vodnosti i opticheskikh karakteristik v kontinentalnyh oblakah sloistyh form. Meteorologiya i gidrologiya, 1996. № 9. S. 14-34. **21.** Melnichuk Yu.V., Nevzorov A.N., Shur G.N. Issledovaniya atmosfery s pomoschyu samoletov laboratoriy za rubezhom. Meteorologiya i gidrologiya, 1980. № 2. S. 112-119. **22.** Nevzorov A.N., Shugaev V.F. Nablyudeniya ranney stadii evolyutsii ledyanoy fazy v pereohlazhdennyh oblakah. Meteorologiya i gidrologiya, 1992. № 1. S. 84-92. **23.** Ponomarenko I.N., Koshenko A.M., Zabolotskaya T.N. Vertikalnaya moschnost i struktura oblachnosti v zonah frontov nad Ukrainoy pri razlichnyh sinopticheskikh protsessah. Trudy UkrNIGMI, 1965. Vyp. 48. S. 67-78. **24.** Prihotko G.F. Iskusstvennyie osadki iz konvektivnyh oblakov. L: Gidrometeoizdat, 1968. 176 s. **25.** Sinkevich A.A., Matrosov S.Yu. Stroenie arkticheskogo sloisto-dozhddevogo oblaka po dannym samoletnyih i radiolokatsionnyih izmereniy. Meteorologiya i gidrologiya, 2008. № 10. S. 34-51. **26.** Solyanek E.G., Husid S.V. Vodnost i vodozapasy sloistoobraznyh oblakov nad stepnoy chastyu Ukrainy v perehodnyie sezony goda. Tr. UkrNIGMI. 1980. Vyp. 179. S. 59-65. **27.** Boers R., Krummel P.B. Microphysical properties of boundary layer clouds over the Southern Ocean during ACE 1. Journal of Geophysical Research, 1998. Vol. 103. P. 651-663. **28.** Chakraborty S., Maitra A. Interrelation between microphysical and optical properties of cloud and rainfall in the Indian region. Indian Journal of Radio & Space Physics, 2013. Vol. 42. P. 105-112. **29.** Chuang P.Y., Collins D.R., Pawlowska H. et al. CCN measurements during ACE-2 and their relationship to cloud microphysical properties. Tellus, 2000. Vol. 52B. P. 843-867. **30.** Gao W., Sui C.-H., Hu Z.A Study of macrophysical and microphysical properties of warm clouds over the Northern Hemisphere using CloudSat/CALIPSO data. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2014. №119. P. 3268-3280. **31.** Gerber H., Twohy C.H., Gandrud B. et al. Measurements of wave-cloud microphysical properties with two new aircraft probes. Geophysical research letters, 1998. Vol. 25. №5. P. 1117-1120. **32.** Glienke S., Kostinski A., Fugal J. et al. Microphysical Properties of Marine Stratocumulus Clouds Measured with Airborne Digital Holography: Cloud Droplets to Drizzle, and Microphysical Variability. Geophysical Research Abstracts, 2018. Vol. 20. **33.** Hahn V., Voigt C., Catoire V. et al. New in-situ measurements of microphysical cloud properties in West Africa – Impact of aerosol on low level clouds. Geophysical Research Abstracts, 2018. Vol. 20. **34.** Harikishan G., Padmakumari B., Mahes Kumar R.S. et al. Macrophysical and microphysical properties of monsoon clouds over a rain shadow region in India from ground-based radiometric measurements. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2014. №119. P. 4736-4749. **35.** Hirsch E., Agassi E., Koren I. Determination of optical and microphysical properties of thin warm clouds using ground based hyper-spectral analysis. Atmospheric Measurement Techniques, 2012. №5. P. 851-871. **36.** Kawamoto K., Suzuki K.

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 3 (50)

Microphysical transition in water clouds over the Amazon and China derived from space-borne radar and radiometer data. *Journal of Geophysical Research*, 2012. Vol. 117. D05212. **37.** Korolev A.V., Isaac G.A., Cober S.G. et al. Microphysical characterization of mixed phase clouds. *Q.J.R.M.S.*, 2003. Vol. 129. P. 39-65. **38.** Korolev A.V., Strapp J.W., Isaac G.A., Nevzorov A.N. The Nevzorov airborne hot-wire LWC-TWC probe: Principle of operation and performance characteristics. *J. Atmos. Oceanic. Technol.*, 1998. Vol. 15. P. 1495-1510. **39.** Larsen H., Gayet J., Febvre G. et al. Measurement errors in cirrus cloud microphysical properties. *Annales Geophysicae*, 1998. №16. P. 266-276. **40.** Lawson R. Paul, Baker Brad, Pilson Bryan, Mo Qixu. *In Situ Observations of the Microphysical Properties of Wave, Cirrus, and Anvil Clouds. Part II: Cirrus Clouds.* *Journal of the Atmospheric sciences*, 2006. Vol. 63. P. 3186-3202. **41.** Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives / [Ed. by Mohamed Abchir, Carmen Schlosser, Ian Davis et al.]. Geneva: United Nations, 2004. 457 p. **42.** Mazin I.P., Nevzorov A.N., Shugaev V.F., Korolev A.V. Phase structure of stratiform clouds. In: *Proc. of 11th ICCP, Montreal*, 1992. Vol. 1. P. 332-335. **43.** Minnis P., Smith W. L., Young D. F. Cloud Macro- and Microphysical Properties Derived from GOES Over the ARM SGP Domain. *Eleventh ARM Science Team Meeting Proceedings*, 2001. P. 1-11. **44.** Morwal Savita B., Maheskumar R.S., Kumari B. Padma et al. Cloud microphysical properties over Indian monsoon regions during CAIPEEX-2009. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2012. №81. P. 76-85. **45.** Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture / [Ed. by Mannava V.K. Sivakumar., Raymond P. Motha, Haripada P. Das.]. Berlin/Heidelberg – New York: Springer, 2005. 367 p. **46.** Quentin C., Timothy J.G., Jérôme R. et al. Effects of long-range aerosol transport on the microphysical properties of low-level liquid clouds in the Arctic. *Atmos. Chem. Phys.*, 2016. №16. P. 4661-4674. **47.** Ramon C.B., Daniel R., Ralf W. et al. Comparing parameterized versus measured microphysical properties of tropical convective cloud bases during the ACRIDICON–CHUVA campaign. *Atmos. Chem. Phys.*, 2017. №17. P. 7365-7386. **48.** Samantha A.S., Anthony D.D. Analysis of Aircraft, Radiosonde and Radar Observations in Cirrus Clouds Observed during FIRE II: The Interactions between Environmental Structure, Turbulence, and Cloud Microphysical Properties. *Journal of the atmospheric sciences*, 2001. P. 451-461. **49.** Seong S. Yoo, Yeom Jae Min, Mei Fan et al. Aircraft measurement of contrasting cloud microphysical relationships between the dry and wet seasons in Amazon during the GoAmazon campaign. *Geophysical Research Abstracts*, 2018. Vol. 20. **50.** Tian Jingjing, Dong Xiquan, Xi Baike et al. Retrievals of ice cloud microphysical properties of deep convective systems using radar measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2016. Vol. 121. P. 820-839. **51.** Wang Z., Sassen K. Cirrus Cloud Microphysical Property Retrieval Using Lidar and Radar Measurements. Part I: Algorithm Description and Comparison with In Situ Data. *Journal of Applied Meteorology*, 2002. Vol. 41. P. 218-229. **52.** Yuan T., Li Z. General Macro- and Microphysical Properties of Deep Convective Clouds as Observed by MODIS. *Journal of Climate*, 2010. Vol. 23. P. 3457-3473.

Інструментальні дослідження мікрофізичних характеристик фронтальних хмарних систем: сучасний стан питання

Шпиг В.М., Заблоцька Т.М., Гуда К.В.

Описано сучасні можливості інструментальних досліджень мікрофізичних характеристик фронтальних хмарних систем. Показано, що протягом останніх трьох десятиліть відмічається чітка тенденція до проведення комплексних досліджень хмарності, коли використовується більше, ніж одне джерело емпіричних даних про її мікрофізичну структуру, динаміку тощо. Літакові, радіолокаційні та інші засоби інструментальних спостережень більшою мірою слугують джерелом інформації для калібрування та верифікації супутникових приладів. Інформація щодо хмарності, яка отримується за допомогою метеорологічних супутників, використовується для вирішення різних прикладних та теоретичних задач, зокрема: моделювання та параметризація мікрофізичних характеристик загалом та хмарних кристалів у перистих хмарах, наковальнях купчасто-дощових хмар та морських шарувато-купчастих хмарах; моделювання радіаційних процесів у хмарах; моніторинг опадів та атмосферного забруднення тощо.

Ключові слова: фронтальні хмарні системи, мікрофізичні характеристики, супутникові спостереження, літакові зондування, радіолокаційні вимірювання.

Инструментальные исследования микрофизических характеристик фронтальных облачных систем: современное состояние вопроса

Шпиг В.М., Заболоцкая Т.Н., Гуда К.В.

Описаны современные возможности инструментальных исследований микрофизических характеристик фронтальных облачных систем. Показано, что в последние три десятилетия отмечается чёткая тенденция к проведению комплексных исследований облачности, когда используется больше, чем один источник эмпирических данных о её микрофизической структуре, динамике и т.п. Самолетные, радиолокационные и другие средства инструментальных наблюдений в большей мере служат источником информации для калибровки и верификации спутниковых приборов. Информация об облачности, получаемая с помощью метеорологических спутников, используется для решения разных прикладных и теоретических задач, в частности: моделирование и параметризация микрофизических характеристик в целом и облачных кристаллов в частности в перистых облаках, наковальнях кучево-дождевых облаков и морских слоисто-кучевых облаках; моделирование радиационных процессов в облаках; мониторинг осадков и атмосферного загрязнения и т.д.

Ключевые слова: спутниковые наблюдения, фронтальные облачные системы, одновременный водозапас, коэффициент осадкогенерирующей способности, водоресурс.

Instrumental researches of microphysical characteristics of frontal cloud systems: the modern state of problem

Shpyg V.M., Zabolotska T.M., Huda K.V.

The study of cloud cover is relevant both for estimation of climate changes, development of general atmospheric circulation models and for solving more applied problems, such as the definition of various factors relating to the safety of aviation flights (turbulence, icing, lightning discharges, powerful vertical movements); absorption of electromagnetic waves for radio, television or space communications; for agriculture (as the change in the radiation balance of the earth's surface leads to changes of temperature and humidity of the active layer of soil and near ground layer of atmosphere). During recent times, huge losses of the economy of different countries of the world are caused by natural spontaneous phenomena, in particular, heavy precipitation, thunderstorms, hailstones, storms, which are caused primarily by the action of atmospheric fronts, therefore their internal structure needs to be studied in more detail. This is possible due to airborne sounding, radar and satellite observations.

The **purpose** of this work is to study the current state of the question of the technical possibilities of instrumental researches of microphysical characteristics of frontal cloud systems, the application of the results of these researches to solve applied and theoretical problems.

It has been shown that during the past three decades there has been a clear tendency for carrying out of complex cloudiness studies when more than one source of empirical data about its microphysical structure, dynamics, etc. is used. Aircraft, radar and other instrumental observations serve as a source of information for calibrating and verifying satellite devices. Information on clouds obtained by meteorological satellites is used to solve various applied and theoretical tasks, in particular: simulation and parametrization of microphysical characteristics in general and cloud crystals in particular of Cirrus, anvils of Cumulonimbus and marine Stratocumulus; modeling of radiation processes in the clouds; monitoring of precipitation and atmospheric pollution, etc.

Today there is practically no data on the size and form of relatively homogeneous (in terms of phase state) cloud areas and their frequency in the clouds, interchange of sites with different phases. Therefore, it is necessary in the future to accumulate statistics of measurements of the local phase structure in the clouds of different forms both at different altitudes relative to the lower border (in the presence of airborne sounding) and in the horizontal space (for example, hundreds of kilometers for stratus types of clouds according to satellite observations). This will allow obtaining the average sizes of sites with a single-phase structure, their distribution by size, and the scale of the correlation of the local phase structure of clouds.

Keywords: frontal cloud systems, microphysical characteristics, satellite observations, airborne sounding, radar measurements.

Надійшла до редколегії 27.09.2018

Заболоцька Т.М., Кривобок О.А., Шпиг В.М.

Український гідрометеорологічний інститут

ДСНС України та НАН України, м. Київ

ВОДОРЕСУРСИ ФРОНТАЛЬНИХ ХМАРНИХ СИСТЕМ ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У ТЕПЛИЙ ПЕРІОД РОКУ

Ключові слова: супутникові спостереження, фронтальні хмарні системи, одночасний водозапас, коефіцієнт опадогенеруючої здатності, водоресурс.

Вступ. У фронтальних хмарних системах, що супроводжуються сильними опадами, особливо інтенсивно діють механізми опадоутворення. Їх характер та інтенсивність весь час змінюються, тобто постійно змінюється енергетичний та водний баланс системи. Визначити ці зміни дуже складно, бо необхідні літакові чи дистанційні дослідження за спеціальною програмою. Тому використання супутникових вимірів мікрофізичних параметрів хмар з підвищеною частотою має важливе значення як для розуміння механізмів опадоутворення, так і для розроблення можливого впливу на них.

Досліджень водозапасу фронтальних хмарних систем виконано дуже мало, тому що для його розрахунку необхідні виміри водності хмар у вертикальному просторі атмосфери [2, 4, 6]. В [4] водозапас фронтальних систем оцінювали двома способами: а) визначали форму й товщину хмар за зондуванням на ст. Внуково та використовували відповідні архівні значення водності (досліджено 5 хмарних систем), б) за зміщенням дев'яти хмарних систем теплих фронтів фіксували шарувато-дощові хмари, тому брали відповідні цій формі хмар одні й ті ж значення водності та її розподіл по вертикалі, а кількість опадів визначали на мережі станцій, які перебували під безпосереднім впливом хмарних систем. В [6] оцінювали водозапас кожної із основних форм хмар окремо, використовуючи дані літакового зондування переважно в холодний період 1961-1963 рр. В [2] за даними літакового зондування атмосфери впродовж 25-ти років (1961-1985 рр.) над Експериментальним метеорологічним полігоном УкрГМІ було визначено водозапаси хмар різних форм, оцінено їх просторову мінливість. На прикладі шести фронтальних хмарних систем показано мінливість відновлення водозапасу під час випадіння опадів на території полігону в холодний період року.

Зараз велика увага приділяється супутниковій інформації. В [3] за порівнянням літакових та супутникових вимірів водозапасу в різних формах хмар показано, що супутникові виміри достовірні. Також слід зазначити, що постійно вдосконалюється апаратура метеорологічних супутників для оцінки інтегральної вологості та водозапасу хмар [1].

Метою даного дослідження є визначення водозапасів, водоресурсів та втрат вологовмісту під час випадіння опадів різних градацій (особливо сильних) при проходженні фронтальних хмарних систем у теплий період року.

Методика дослідження. В даній роботі представлено результати визначення одночасного водозапасу за даними супутникових спостережень та розрахунків опадогенеруючої здатності й водоресурсів фронтальних хмарних систем у теплий період року. Розрахунки виконано для чотирьох синоптичних ситуацій, що спричинили небезпечно сильні опади на всій території України, а саме: 12-15 та 25-29 серпня 2012 р. й 25-31 травня та 26-30 червня 2015 р.

Загалом, **12-15 серпня 2012 р.** опади охоплювали всю територію країни (до аналізу залучено 82 станції), проте нерівномірно. Сумарна кількість коливалася від >100 мм на північному заході та півночі до ≤ 10 мм у південній частині Правобережжя та на сході. За 6 год випало ≥ 15 мм на 70% всіх станцій, ≥ 30 мм – на 30% станцій. Максимальне значення було 48 мм.

25-29 серпня 2012 р. опади фіксували на всій території, особливо сильними вони були на Лівобережжі. За 6 год випало від 10 до 30 мм, за весь час випадіння в окремих місцях до 100-125 мм.

25-31 травня 2015 р. опади були зливого характеру, іноді з градом. Загальна кількість змінювалася від 10 до > 90 мм. На більшій частині території за 6 год випало від 11 до 25 мм, на окремих станціях – від 30 до 40 мм.

26-30 червня 2015р. дуже сильні зливи з градом спостерігали на Лівобережжі. На заході та півдні випадали короточасні зливи, в центрі та особливо на сході вони були інтенсивними: загальна кількість становила від 35-40 до 100 мм, що перевищувало місячну норму, а максимальні значення за 6 год – в межах 25-45 мм.

Методика дослідження полягала у використанні двох джерел даних щодо кількості опадів (чотирьох строкових виміри впродовж доби та десяти хвилинні виміри плівіографом) та водозапасу хмарних ділянок (пікселів) щогодини на всій території України з деталізацією у просторі 10×10 км за допомогою каналів у видимому спектрі супутника MSG [7].

Використання двох джерел щодо кількості опадів було зумовлено тим, що за строковими даними не можна точно визначити тривалість опадів та їх мінливість у часі, в той же час мережа встановлених на станціях плівіографів поступається своєю частотою. Слід також зауважити, що супутникові виміри водозапасу відбуваються тільки протягом світового дня. Для кожної синоптичної ситуації час, коли виміри водозапасу були унеможливлені, складав приблизно 50 % загальної тривалості опадів.

Загалом, за даними строкових й плівіографічних вимірів кількості опадів та відповідно одночасного водозапасу хмар були визначені такі показники: опадогенеруюча здатність, коефіцієнт опадогенеруючої здатності та водоресурси фронтальних хмарних систем. Опадогенеруюча здатність – це відношення кількості опадів до одночасного водозапасу, коефіцієнт опадогенеруючої здатності – опадогенеруюча здатність із урахуванням тривалості опадів, водоресурс – кількість води, перенесеної хмарами під час випадіння опадів, й розраховується за формулою

$$Q^* = 3,6 \cdot 10^{-3} P \cdot V \cdot T,$$

де Q^* – водоресурс в т, P – водозапас в г/м^2 , V – швидкість переносу в м/с, T – тривалість опадів в год.

Результати дослідження. Як приклад, наведемо розрахунок водозапасу фронтальних хмарних систем за даними чотирьох строкових вимірів кількості опадів для першої досліджуваної синоптичної ситуації 12-15 серпня 2012 р.

Сумарний водозапас фронтальних хмарних систем розраховували за кожні 12 год з 18 год 11 серпня до 18 год 15 серпня (8 розрахунків). Для цього будували карти розподілу опадів й визначали їх кількість (Q в тонах) на відповідній площі, окресленій ізогіетами з кроком 10 мм. На цих же площах оцінювали водозапас хмар (P), визначений за супутниковими вимірами та розрахований надалі також в тонах. Результати розрахунків представлені в табл. 1.

За отриманими даними можна зробити такий висновок – чітко прослідковується майже пряма залежність кількості опадів від величини

одночасного водозапасу. Аналогічні результати були і для фронтальних систем 25-29 серпня 2012 р., 25-31 травня та 26-30 червня 2015 р.

Таблиця 1. Повторюваність (%) одночасного водозапасу хмар залежно від кількості опадів за даними строкових спостережень

Опади, мм	Одночасний водозапас, г/м ²						
	600	400	270	150	70	35	17
≥ 40	33	34	33	-	-	-	-
≥ 30	14	36	36	14	-	-	-
≥ 20	-	11	44	44	-	-	-
≥ 10	-	-	6	59	35	-	-
<< 10	-	-	-	-	31	45	24

Плювіографічні дані фіксують тривалість дощу та зміни його інтенсивності кожні 10 хв, проте мережа станцій досить рідка. Загалом було використано для першої фронтальної системи виміри на 11 станціях, другої – на 10, третьої – на 6 і четвертої – на 5 станціях. Всього проаналізовано 45 випадків з дощем в світлу пору дня, переважно зливого характеру.

Всі 45 випадків з дощем за Настановою [5] можна класифікувати як сильні (17 випадків, 38 %), серед них 5 помірних та дуже сильні (28 випадків, 62 %), серед них 8 були особливо небезпечно сильні (наприклад, за 5 хв випало 9,3 мм, за 36 хв – 22,9 мм, за 2 год 10 хв – 65,7 мм та ін).

Супутникові виміри водозапасу визначали за градаціями (загальний обсяг від 0 до > 10000 г/м²), а в кожній з них у певних межах, наприклад, 270-400 г/м². Всього 13 градацій. Відношення між межами нерівномірне, нижнє значення відносно верхнього становить від 47 до 67 %.

На рис. 1, як приклад, представлено зміни кількості опадів через кожні 10 хв 13 серпня 2012 р. на ст. Лубни. Впродовж 2-х год випало 23,8 мм. Кількість опадів за десяти хвилинні інтервали збільшувалася або зменшувалася у 6-10 разів в межах 1 год. Такий стан змін інтенсивності злив характерний всім випадкам. Зважаючи на те, що супутникові виміри виконуються щогодини, значення водозапасу визначали для обох меж кожної градації, але для розрахунків опадогенеруючої здатності, її коефіцієнта та водоресурсу вибирали одне значення залежно від інтенсивності опадів.

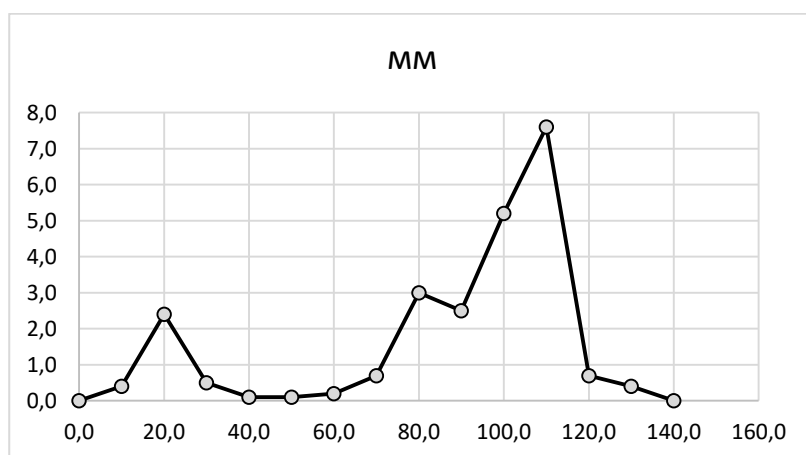


Рис. 1. Зміни в часі кількості опадів за даними плювіографа на ст.Лубни 13 серпня 2012 р.

Для всіх фронтальних систем діапазон (у градаціях) значень водозапасу коливався від ≤ 35 до 5000 г/м^2 . Найчастіше фіксували значення водозапасу 70, 150 г/м^2 (відповідно 28 та 31 %), майже втричі менше (14 %) відмічали 270 г/м^2 , а хмари з водозапасом в межах $400\text{-}5000 \text{ г/м}^2$ фіксували всього по 3% від загальної кількості випадків (рис. 2, накопичена повторюваність).

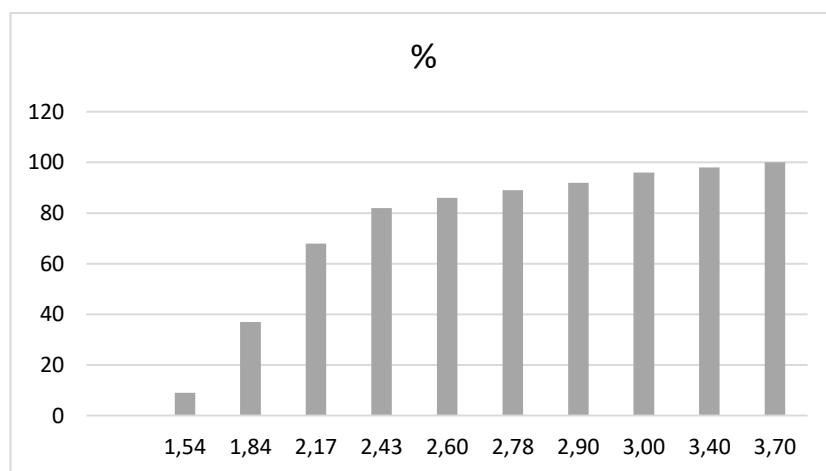


Рис. 2. Накопичена повторюваність значень водозапасу у всіх фронтальних хмарних системах

Надалі для кожного випадку з дощем були розраховані опадогенеруюча здатність (K) залежно від кількості опадів та коефіцієнт опадогенеруючої здатності (K^*). Розрахунки останнього були зумовлені тим, що не завжди можна було визначити щогодинну кількість опадів, тому враховували тривалість опадів, тобто коефіцієнт – це приведені до 1 год. значення опадогенеруючої здатності.

Розподіл опадогенеруючої здатності подібний до розподілу водозапасу, а саме, майже пряма залежність від кількості опадів. Більш показовими є дані щодо коефіцієнта опадогенеруючої здатності K^* , оскільки враховано кількість опадів та приведено до 1 год.

За кількістю опадів впродовж дощу дані були поділені на 4 групи: 0,1-5, 5,1-10, 10,1-20, >20 мм. Серед кожної групи були короткочасні та довготривалі дощі (дощі тривалістю ≤ 3 год – короткочасні). В першій групі було 9 випадків тривалістю від 0,3 до 2,3 год та 6 випадків більш тривалих дощів (від 4,2 до 16,3 год), відповідно значення K^* склали 15 та 5. Дощі кількістю 5,1-10 мм мали тривалість 0,1-2,4 год в 4-х випадках й 7 випадків тривалістю від 3,2 до 6,3 год. Відповідні значення коефіцієнта опадогенеруючої здатності складали 18 та 11. Випадків з дощем кількістю 10,1-20 мм було 10, 5 з них мали тривалість від 1,2 до 2,6 год і 5 – від 3,6 до 10,3 год. Отримали аналогічний результат, чим більша інтенсивність опадів, тим більший коефіцієнт опадогенеруючої здатності, відповідно 15 та 12. Розглянемо останню групу, 9 випадків з дощем > 20 мм, 4 з них мали тривалість в межах 0,6 – 2,2 год, 5 випадків – від 7 до 9,3 год. Для першої підгрупи коефіцієнт опадогенеруючої здатності склав 20, для другої підгрупи – 16. Тобто, чим інтенсивніші опади, тим вищий коефіцієнт опадогенеруючої здатності, табл. 2.

Для кожної градації кількості опадів фіксували одну й ту ж закономірність а) більш інтенсивним дощам характерні більші значення коефіцієнта опадогенеруючої здатності, б) для довготривалих дощів зі збільшенням їх кількості зростає K^* .

Водоресурс хмар (Q^*), з яких випало 45 дощів, мав широкий спектр значень: від 1 до 97 т (накопичена повторюваність значень водоресурсу представлена на рис. 3).

Таблиця 2. Коєфіцієнт опадогенеруючої здатності залежно від кількості та тривалості опадів

Q, мм	T, год	K*	n
0,1-5,0	0,3-2,3	15	9
	4,2-16,3	5	6
5,1-10	0,1-2,4	18	4
	3,2-6,3	11	7
10,1-20	1,2-2,6	15	5
	3,6-10,3	12	5
> 20	0,6-2,2	20	4
	7,0-9,3	16	5

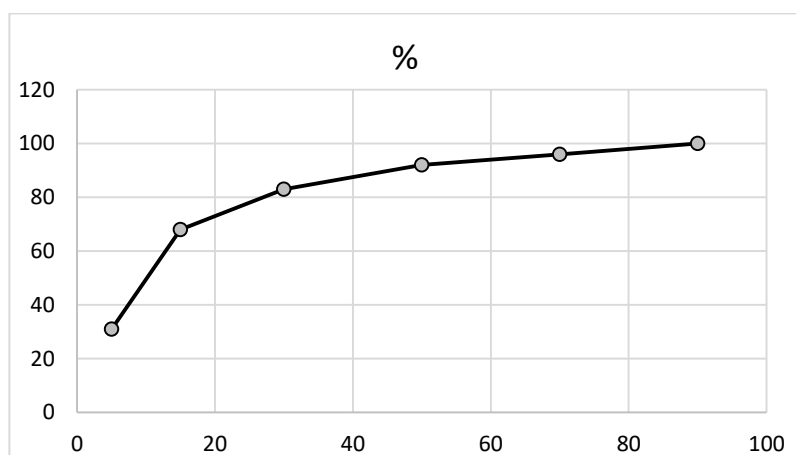


Рис. 3. Накопичена повторюваність водоресурсу хмар

Розподіл водоресурсів був таким: до 10 т – 31 %, від 11 до 20 т – 27 %, від 21 до 40 т – 25 %, від 41 до 60 т – 9 %, >60 т – 8 %.

В кожній з виділених підгруп за кількістю та тривалістю опадів фіксували різну швидкість переносу хмар, табл. 3.

Таблиця 3. Водоресурс хмар (Q*) залежно від кількості, тривалості опадів та швидкості переносу хмар

Q, мм	T, год	V _{mean} , м/с	Q*, т	n
0,1–5	0,3-2,3	8	7	9
	4,2-16,3	12	23	6
5,1–10	0,1-2,4	6	10	4
	3,2-6,3	9	14	7
10,1–20	1,2-2,6	8	31	5
	3,6- 10,3	10	33	5
>20	0,6-2,2	10	60	4
	7,0-9,3	8	40	5

Наведені дані свідчать, що майже для кожної підгрупи хмари з короткочасними дощами мали меншу швидкість переносу й менший водоресурс. Винятком є хмари з надзвичайно сильними короткочасними зливами (>20 мм/6 год), вони мали дещо більшу швидкість переносу й відповідно більший водоресурс.

Відновлення водозапасу було таким: 0,1 – 0,5 (53%), 0,51 – 1,0 (31%), > 1,0 (16 %). Загалом в межах 0,1 – 2,5.

Висновки. Вперше за даними супутникових спостережень визначено одночасний водозапас, опадогенеруючу здатність та водоресурс хмар, що зумовлюють сильні опади в теплий період року.

Чітко прослідковується майже пряма залежність кількості опадів, визначеної як за строковими, так і за даними півріччя, від величини одночасного водозапасу.

Комплексний аналіз кількості та тривалості опадів й коефіцієнта опадогенеруючої здатності свідчить: а) чим інтенсивніші опади, тим вищий коефіцієнт опадогенеруючої здатності, б) для довготривалих дощів зі збільшенням їх кількості зростає коефіцієнт опадогенеруючої здатності.

Водоресурс хмар, що супроводжуються короточасними чи довготривалими опадами однакової кількості, залежить від швидкості переносу хмар – хмари з короточасними дощами мають меншу швидкість переносу та менший водоресурс. Винятком є хмари, з яких випадають надзвичайно сильні опади, > 20 мм/6 год [5]. Якщо такі дощі короточасні, їм характерна більша швидкість переносу й більший водоресурс.

Список літератури

1. Асмус В.В., Загребяев В.А., Макриденко Л.А., Милехин О.Е., Соловьев В.И., Успенский А.Б., Фролов А.В., Хайлов М.Н. Система полярно-орбитальных метеорологических спутников серии «Метеор-М». Метеорология и гидрология, 2014. № 12. С. 5-16. 2. Заболоцкая Т.Н., Кушнир В.С., Шпиталь Т.Н. Водозапасы облаков различных форм и фронтальных облачных систем. Труды УкрГМИ, 1992. Вып. 243. С. 69-78. 3. Заболоцька Т.М., Кривобок О.А., Скриник О.Я., Шпиг В.М. Верифікація супутникової інформації щодо мікрофізичних характеристик та верхньої межі хмар. Наук. праці УкрНДГМІ, 2016. Вип. 268. С. 24-33. 4. Маміна Е.Ф., Федоров Е.К. О водном балансе облачной системы. Изв. АН СССР, 1957. № 5. Сер. геофизическая. С. 658-663. 5. Наставление по службе прогнозов. Раздел 2. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 56 с. 6. Пономаренко И.Н., Чавкина Г.А. Водность и водозапасы фронтальных облаков над Украиной. Тр. УкрНИГМИ, 1966. Вып. 56. С. 50-66. 7. Kryvobok O.A. Monitoring characteristics of young convective clouds using MSG data// Meteo-France, Toulouse. Visiting Scientist Report. – 30 January 2005. P. 49.

References

1. Asmus V.V., Zagrebaev V.A., Makridenko L.A., Milehin O.E., Solovev V.I., Uspenskiy A.B., Frolov A.V., Haylov M.N. Sistema polyarno-orbitalnykh meteorologicheskikh sputnikov serii «Meteor-M». Meteorologiya i gidrologiya. 2014. № 12. S. 5-16. 2. Zabolotskaya T.N., Kushnir V.S., Shpital T.N. Vodozapasy oblakov razlichnykh form i frontalnykh oblachnykh sistem. Trudy UkrGMI. 1992. Vyp. 243. S. 69-78. 3. Zabolotska T.M., Kryvobok O.A., Skrynyk O.Ya., Shpyg V.M. Verifikatsiya suputnikovoi informatsii schodo mikrofizichnykh charakteristik ta verkhnoii mezhi hmar. Nauk. pratsi UkrNDGMI. 2016. Vyp. 268. S. 24-33. 4. Mamina E.F., Fedorov E.K. O vodnom balanse oblachnoi sistemi // Izv. AN SSSR, 1957. № 5. Ser. geofizicheskaya. S. 658-663. 5. Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razdel 2. L.: Gidrometeoizdat, 1981. 56 s. 6. Ponomarenko I.N., Chavkina G.A. Vodnost i vodozapasi frontalnih oblakov nad Ukrainoi // Tr. UkrNIGMI, 1966. Vyp. 56. S. 50-66. 7. Kryvobok O.A. Monitoring characteristics of young convective clouds using MSG data// Meteo-France, Toulouse. Visiting Scientist Report. – 30 January 2005. P. 49.

Водоресурси фронтальних хмарних систем за даними супутникових спостережень у теплий період року

Заболоцька Т.М., Кривобок О.А., Шпиг В.М.

Визначено одночасний водозапас фронтальних хмарних систем, що супроводжуються сильними опадами, за даними супутникових спостережень та виконано відповідні розрахунки опадогенеруючої здатності й водоресурсів. Отримано пряму залежність кількості опадів від величини одночасного водозапасу та коефіцієнта опадогенеруючої здатності. Водоресурси хмар, що супроводжуються короточасними чи довготривалими опадами рівної кількості, залежать від швидкості переносу хмар – хмари з короточасними дощами мають меншу швидкість переносу

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 3 (50)

та менший водоресурс. Винятком є хмари, з яких випадають надзвичайно сильні опади (>20 мм/6 год).

Ключові слова: супутникові спостереження, фронтальні хмарні системи, одночасний водозапас, коефіцієнт опадогенеруючої здатності, водоресурс.

Водоресурсы фронтальных облачных систем по данным спутниковых наблюдений в теплый период года

Заболоцкая Т.Н., Кривобок А.А., Шпиг В.М.

Определен единовременный водозапас фронтальных облачных систем, сопровождающихся сильными осадками, по данным спутниковых наблюдений и выполнены соответствующие расчеты осадкогенерирующей способности и водоресурсов. Получено прямую зависимость количества осадков от величины единовременного водозапаса и коэффициента осадкогенерирующей способности. Водоресурсы облаков, сопровождающихся кратко или долговременными осадками равного количества, зависят от скорости переноса облаков – облака с кратковременными осадками имеют меньшую скорость переноса и меньший водоресурс. Исключением есть облака, из которых выпадают чрезвычайно сильные осадки (>20 мм/6 час).

Ключевые слова: спутниковые наблюдения, фронтальные облачные системы, одновременный водозапас, коэффициент осадкогенерирующей способности, водоресурс.

Liquid water content of frontal cloud systems estimated from satellite data during warm period of year

Zabolotska T.M., Kryvobok O.A., Shpyg V.M.

The instantaneous liquid-water content, water-generation ability, coefficient of the water-generation ability and water content of frontal cloud systems in the warm period of a year are defined from satellite data. The calculations have been done for four synoptic situations with strong precipitation over Ukraine in 2012 and 2015. The precipitation amount has been measured by rain gauges four times a day and by pluviograph every 10 minutes. The instantaneous liquid-water content has been estimated every hour from satellite data. It was considered 45 cases with rainy conditions: 5 cases with moderate precipitation, 12 cases with strong precipitation, 20 cases with heavy and 8 cases with extreme precipitation. The analysis shows that there is a strong correlation between an instantaneous liquid-water content and a precipitation amount measured by rain gauge and pluviograph. The compatible analysis of amount/ duration of precipitation and coefficient of the water-generation ability shows: a) the more intensive precipitation is related to higher value of the water-generation ability coefficient; b) long-term precipitation with high amount is corresponded to the higher values of water-generation ability coefficient. Water contents of frontal cloud systems with short or long-term precipitation of equal amount depend on cloud system speed – clouds with short-term precipitation have lower values of a speed and also the smaller water content. There is an exception when clouds with extreme short-term precipitation (>20 mm for 6 hours), the clouds move over surface with the higher speed and have the higher water content.

Keywords: satellite observations, frontal cloud systems, water content, precipitation generation ability, water source.

Надійшла до редколегії 27.09.2018

УДК 551.501

Швень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О., Герасименко І.В.

Український гідрометеорологічний інститут

УТОЧНЕННЯ МЕТОДИКИ КРИТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ҐРУНТУ НА ГЛИБИНАХ

Ключові слова: температура ґрунту на глибинах, просторово-часовий контроль даних, профіль температури, нев'язка, градієнти температури.

Вступ. Дані регулярних метеорологічних спостережень є основним матеріалом, на якому базується складання метеорологічних прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди і розрахунки кількісних характеристик метеорологічного режиму і клімату окремих територій [1].

Будь-які відхилення від встановлених правил виконання спостережень, використання приладів чи процедури оброблення, а також пропуски спостережень призводять до помилок у результатах спостережень і знижують достовірність відповідних метеорологічних величин [1, 8].

Саме тому узагальнені під час автоматизованого оброблення дані спостережень (добові, декадні, середні місячні, річні) повинні проходити ретельний критичний контроль.

Контроль якості режимної метеорологічної інформації здійснюють в кілька етапів. Первинний контроль провадять на метеорологічній станції (технічний контроль строкових спостережень та автоматизований контроль даних за місяць за допомогою відповідних програмних засобів, – SGEL, ACCOKA). Він забезпечує перевірення якості кодування даних для машинного оброблення.

У центрах оброблення метеорологічних даних провадять автоматизований контроль, який складається з контролю за даними однієї станції та міжстанційного (просторово-часового) контролю.

Просторово-часовий контроль (далі – ПЧК) – це аналіз узгодження між собою даних метеорологічних спостережень 4 – 6 сусідніх (контрольних) станцій (для температури ґрунту – глибин), що виконується на основі математичного опису просторових полів метеорологічних величин в оточенні станції, що контролюється [1]. Сумнівні дані знаходять за різницею між значенням, одержаним внаслідок інтерполяції результатів спостережень контрольних станцій, і фактичним значенням метеорологічної величини на контрольованій станції. Одержану різницю (далі - нев'язку) порівнюють зі встановленим критерієм достовірності, і за умови перевищення критерію сумнівні дані ретельно перевіряють спеціалісти у відповідних методичних центрах з метеорологічного розділу робіт, і вже за результатами цього аналізу роблять остаточний висновок щодо достовірності чи недостовірності даних.

Алгоритми програми автоматизованого просторово-часового контролю були розроблені в Головній геофізичній обсерваторії ім. О.І.Воейкова [2] для створення програми ПЧК результатів метеорологічних спостережень і викладені в документі [1]. Цю програму, створену на початку 80-х років минулого століття, наразі використовують в Українському гідрометеорологічному центрі під час оброблення режимних даних.

Ефективність просторово-часового контролю визначається не лише точністю апроксимації і правильністю вибору критерію достовірності, а й впливом неоднорідності підстильної поверхні, яка може зменшити точність апроксимації контрольованої величини [1]. Щоб запобігти цьому хоча б частково, використовують не значення метеорологічних величин, а їхні відхилення від норм, тобто, від середніх місячних значень, розрахованих за стандартний 30-річний період. Однак в умовах змін клімату викривлення поля метеорологічної величини місцевими кліматоутворювальними факторами не завжди можна виявити і за допомогою норм.

Найбільше цей вплив позначається на полі температури ґрунту на глибинах внаслідок розрідженості мережі станцій, які спостерігають за температурою ґрунту на глибинах під природним покривом, та відмінностями у типах ґрунтів.

Як свідчить досвід використання програми ПЧК, під час контролю щомісячних даних температури ґрунту важко врахувати всі фактори, які можуть вплинути на розподіл температури ґрунту на глибинах, тому його результати містять значну частину нев'язок, які перевищують встановлені критерії, але під час перевіряння в методичних центрах з метеорології не підтверджуються. Детальне перевіряння таких зауважень призводить до значних затрат часу.

Метою статті було надання рекомендацій спеціалістам-метеорологам щодо удосконалення критичного контролю температури ґрунту на глибинах.

Автори статті проаналізували ефективність здійснення автоматизованого контролю температури ґрунту на глибинах під природним покривом. Результати цього аналізу можуть бути використані під час доопрацювання програми ПЧК.

Були опрацьовані результати автоматизованого просторово-часового контролю даних спостережень за температурою ґрунту на глибинах під природним покривом за 2015 р. та багаторічні дані температури ґрунту за 1996 – 2015 рр. за окремі місяці та за рік по станціях, розташованих в різних регіонах України.

Особливості критичного контролю температури ґрунту на глибинах під природним покривом. Відповідно до [1, 3] для контролю температури ґрунту на глибинах застосовують апроксимацію профілю середніх місячних значень температури ґрунту на глибинах за допомогою полінома другого порядку. Припускають, що на будь-якій глибині Z температура ґрунту T визначається як

$$T(Z) = AZ^2 + BZ + C, \quad (1)$$

де A, B, C – коефіцієнти полінома.

Для глибин, де вимірюється температура ґрунту, необхідно одержати систему рівнянь для визначення коефіцієнтів A, B, C . Їх визначають методом найменших квадратів відповідно до [1,9].

За допомогою одержаних коефіцієнтів A, B, C полінома на заданих глибинах Z обчислюють апроксимовані значення температури ґрунту $T(z_i)$ та нев'язку апроксимації:

$$\Delta_{z_i} = T(z_i) - T_i. \quad (2)$$

Вимірне значення температури ґрунту T_i на глибині Z_i вважається достовірним, якщо нев'язка апроксимації на цій глибині (Δ_{z_i}) за абсолютним значенням не перевищує встановлений критерій достовірності. Якщо Δ_{z_i} перевищує встановлений критерій, то цей випадок необхідно ретельно проаналізувати з метою встановлення достовірного значення та причини появи помилкових даних.

За допомогою програми ПЧК можна контролювати вертикальний розподіл (профіль) середньої місячної, максимальної і мінімальної температури по кожній зі станцій, які проводять цей комплекс спостережень.

За результатами автоматизованого контролю температури ґрунту на глибинах отримують:

- таблиці нев'язок інтерполяції температури ґрунту на глибинах під природним покривом для середньої місячної, максимальної, мінімальної температури ґрунту;
- таблиці виправлених значень температури ґрунту на глибинах під природним покривом для середньої місячної, максимальної, мінімальної температури ґрунту;
- таблиці градієнтів значень температури ґрунту на глибинах під природним покривом для середньої місячної температури, максимальної, мінімальної температури ґрунту.

Спеціалісти методичних центрів з метеорології на підставі матеріалів цих таблиць, враховуючи фактичні місячні значення середньої, максимальної і мінімальної температури, роблять висновки щодо достовірності чи недостовірності даних спостережень.

Під час аналізування результатів критичного контролю даних спостережень за температурою ґрунту на глибинах під природним покривом у першу чергу необхідно враховувати особливості розподілу температури по глибинах залежно від фізико-географічних особливостей місця розташування станції, пори року, типів ґрунтів та інших чинників [1, 4, 6, 7, 10, 11].

Методика здійснення критичного контролю викладена в [1], однак на окремих етапах критичного контролю, які, на погляд авторів статті, потребують удосконалення, доцільно зупинитися більш детально.

Спочатку аналізують таблиці нев'язок інтерполяції температури ґрунту на глибинах під природним покривом для середньої місячної, максимальної, мінімальної температури ґрунту, з метою виявлення станції, де хоча б на одній глибині нев'язка перевищила за абсолютним значенням критерій достовірності.

Слід зауважити, що помилка у значеннях температури ґрунту навіть на одній глибині може призвести до появи нев'язок, що перевищують критерій достовірності, відразу на декількох глибинах профілю.

Критерій достовірності для середньої місячної температури ґрунту становить $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Як правило, нев'язка для глибини з помилковим значенням температури ґрунту має знак, протилежний знаку нев'язок сусідніх глибин і перевищує критерій достовірності більше ніж в 2 рази. Але якщо хід градієнтів не порушений, результати спостережень визнають достовірними [1].

Ця методика досить ефективно працює за умови встановлення літнього чи зимового типу розподілу температури на глибинах (крім контролю температури на крайніх глибинах).

Використання апроксимації профілю середніх місячних значень температури ґрунту на глибинах за допомогою полінома другого порядку в перехідні місяці призводить до появи великої кількості нев'язок, що перевищують критерій достовірності.

У перехідні місяці, коли на одній з глибин відбувається перехід від одного типу розподілу температури до іншого (від типу інсоляції до типу випромінювання чи навпаки), нев'язки інтерполяції часто перевищують за абсолютним значенням критерій достовірності навіть за правильних результатів спостережень, особливо на станціях, де спостерігаються великі добові амплітуди температури на поверхні ґрунту і великі градієнти температури ґрунту на глибинах. При цьому програмою ПЧК може бути як помилкова вказана та глибина, на якій відбувається перехід до іншого типу розподілу температури.

Так, за квітень і жовтень 2015 р. із 48 станцій, які спостерігали за температурою ґрунту на глибинах під природним покривом, на 27 і 28 станціях відповідно було перевищено критерій достовірності $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глибині $0,40\text{ м}$, а на 7 і 19 станціях відповідно були одержані нев'язки понад $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однак, у результаті детального критичного контролю з побудовою профілів температури та аналізом таблиці градієнтів температури визнано сумнівними значення температури ґрунту лише на 6 метеорологічних станціях у квітні та на 4 станціях – у жовтні 2015 р.

У січні та липні 2015 р. на глибині $0,40\text{ м}$ лише на 7 станціях нев'язка перевищувала $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, і не було жодної станції, де б нев'язка перевищувала $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Як приклад, можна навести результати автоматизованого контролю температури ґрунту на глибинах за окремі місяці 2015 р. на двох метеостанціях, розташованих на півночі (Овруч) та півдні (Баштанка) країни. Значення нев'язок температури ґрунту на глибинах на цих станціях наведені в табл.1. До цієї таблиці включені також дані станцій-аналогів: Покошичі (аналог для метеостанції Овруч) та Первомайськ (для метеостанції Баштанка).

Станцію-аналог вибирають, порівнюючи профілі середніх багаторічних значень температури ґрунту на глибинах за відповідні місяці контрольованої станції та станцій, що розташовані у подібних фізико-географічних умовах, знаходяться на тій же широті і розташовані близько до контрольованої станції [5]. При цьому станцію вибирають як аналог для контролю лише в тому випадку, якщо її нев'язки за контрольований місяць не перевищують критерій достовірності, а хід градієнтів не викликає сумнівів.

Як видно з табл. 1, у липні 2015 р. нев'язки на обох контрольованих станціях (Овруч і Баштанка) не перевищували критерій достовірності. В інші місяці нев'язки на окремих глибинах досягали подвоєного критерію достовірності (0,4 °C), але перевищили його лише у жовтні 2015 р. на глибинах 0,4 м і 3,2 м (Овруч) та 0,4 м (Баштанка).

Таблиця 1. Нев'язки інтерполяції середніх місячних значень температури ґрунту на глибинах під природним покривом за окремі місяці 2015 року

Станція	Місяць	Глибини, м							Сумнівні глибини
		0,20	0,40	0,80	1,20	1,60	2,40	3,20	
Овруч	01	0,1	-0,1	-0,3	0,1	0,4	-0,2	-0,1	1,60
	04	0,2	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,40, 1,60-3,20
	07	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,1	0,1	-0,1	
	10	-0,3	0,5	0,0	-0,2	-0,2	-0,4	0,5	0,40, 2,40
Покошичі	01	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,1	-0,1	
Баштанка	01	-0,2	0,3	0,1	-0,1	-0,2	-0,1	0,2	
	04	0,2	-0,4	0,0	0,1	0,3	0,1	-0,2	0,40
	07	0,1	-0,2	-0,1	0,0	0,1	-0,2	-0,2	
	10	-0,3	0,7	0,1	-0,3	-0,3	-0,1	0,4	0,40-0,80
Первомайськ	10	-0,1	0,1	0,2	-0,2	0,2	0,2		

Як видно з табл. 2, у липні 2015 р. на обох контрольованих станціях градієнти температури за абсолютною величиною плавно зменшуються з глибиною, а в жовтні також відбувається плавне зменшення температури до глибини, на якій один тип розподілу температури міняється на інший, що підтверджує правильність значень температури ґрунту за ці місяці.

Таблиця 2. Градієнти середньої місячної температури ґрунту на глибинах під природним покривом за окремі місяці 2015 року

Станції	Місяць	Градієнти, °C, по шарах ґрунту (в м)					
		0,2-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2-1,6	1,6-2,4	2,4-3,2
Овруч	01	-0,5	-0,8	-0,5	-0,5	-0,7	-0,4
	04	0,7	0,5	0,3	0,2	0,0	-0,2
	07	1,4	1,1	0,8	0,7	0,6	0,4
	10	-1,2	-1,0	-0,4	-0,2	-0,2	0,2
Покошичі	01	-0,8	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,4
Баштанка	01	-1,0	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3
	04	0,9	0,4	0,0	0,0	-0,2	-0,2
	07	1,7	1,3	0,9	0,7	0,5	0,3
	10	-1,3	-0,9	-0,3	0,0	0,1	0,2
Первомайськ	10	-2,2	-0,7	-0,4	-0,1	0,1	

У січні 2015 р. плавність ходу градієнтів у шарах ґрунту 0,2 – 0,4 м та 1,6 – 2,4 м на станції Овруч порушена (табл. 2), але варто зазначити, що до глибини 0,4 м градієнт залежить від висоти снігового покриву, структури снігу та температури поверхні снігу, тому його не брали до уваги. В той же час, як видно з табл. 2, порівняно з даними станції Покошичі градієнт температури на метеостанції Овруч у шарі 1,6 – 2,4 м завищений на 0,3 °С, тому додатково необхідно проаналізувати температуру тільки на глибинах 1,6 та 2,4 м.

У табл. 3 наведено фактичну та виправлену (розраховану методом апроксимації) температуру ґрунту на глибинах на метеостанції Овруч за січень 2015 р. та метеостанції Баштанка за жовтень 2015 р. Як видно з табл. 3, на метеостанції Овруч на глибині 1,6 м фактична температура занижена порівняно з розрахованою на 0,5 °С, а на метеостанції Баштанка занижена відносно розрахованої на глибинах 0,4 та 0,8 м на 1,3 та 0,6 °С відповідно.

Таблиця 3. Фактична (Тф) та розрахована (Тр) температура ґрунту на станції Овруч у січні та на станції Баштанка у жовтні 2015 р.

Глибини, м	Місяці	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4	3,2
Овруч, Тф	Січень	-0,2	0,3	1,9	2,9	3,9	6,6	8,3
Овруч, Тр	- II -	-0,1	0,2	1,7	3,2	4,4	6,5	8,3
Тф – Тр	- II -	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,1	0,0
Баштанка, Тф	Жовтень	12,4	13,7	15,6	16,2	16,2	15,6	14,6
Баштанка, Тр	- II -	12,4	15,0	16,2	16,3	16,1	15,5	14,7
Тф – Тр	- II -	0,0	1,3	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1

Відповідно до [1], якщо поправка на відновлення температури перевищує 0,5 °С, помилкове значення фактичної температури бракують і замінюють (відновлюють) розрахованим, поданим у відповідній таблиці виправлених значень. Однак, згідно з [5], таблиці виправлених значень потрібно використовувати з обережністю, оскільки у деяких випадках апроксимація температури ґрунту може дати хибний результат навіть за умови встановленого літнього чи зимового типу розподілу температури на глибинах. Адже коефіцієнти полінома, які використовують для апроксимації профіля середніх місячних значень температури ґрунту на глибинах, були розраховані за даними до 1984 р. і на сьогодні застаріли внаслідок фактору глобального потепління.

За таких умов температуру ґрунту на глибинах у січні 2015 р. для станції Овруч та у жовтні для станції Баштанка доцільно додатково перевірити з залученням багаторічних даних цих станцій та станцій-аналогів, щоб переконатися в достовірності даних.

Розглянувши профілі фактичної, розрахованої та середньої багаторічної температур на станції Овруч (рис. 1), можна переконатися, що профіль фактичної температури за січень 2015 р. аналогічний багаторічному. Враховуючи, що за період, за який розраховано середню багаторічну температуру, на станції було проведено кілька інспекцій, під час яких правильність встановлення термометрів та їх стан було перевірено, то ймовірно, що дещо нижча температура ґрунту на глибинах 1,2 м та 1,6 м порівняно з розрахованими значеннями спричинена особливостями ґрунтів на станції.

У таких випадках доцільно порівняти фактичні профілі температури контрольованої станції та станції-аналога.

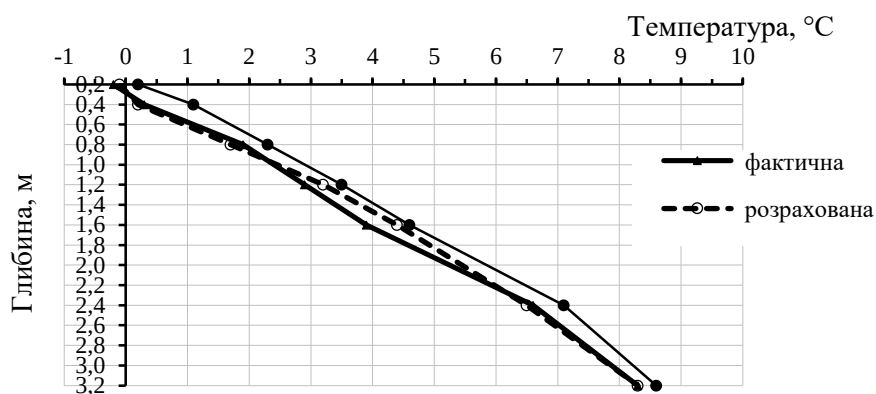


Рис. 1. Профілі температури ґрунту на глибинах на метеостанції Овруч за січень 2015 р.

Порівнявши профілі багаторічних значень температури ґрунту станцій Овруч та Покошичі за січень (рис. 2) та даних за січень 2015 р. (рис. 3), можна переконатися, що на глибинах 1,20 та 1,60 м температура на метеостанції Овруч дещо занижена порівняно з температурою станції-аналога.

Аналіз профілів температури ґрунту за інші місяці показав, що на цих глибинах на станції Овруч температура занижена порівняно зі станцією-аналогом восени та взимку, і завищена навесні та влітку, що можливо за наявності прошарку піщаного ґрунту [6].

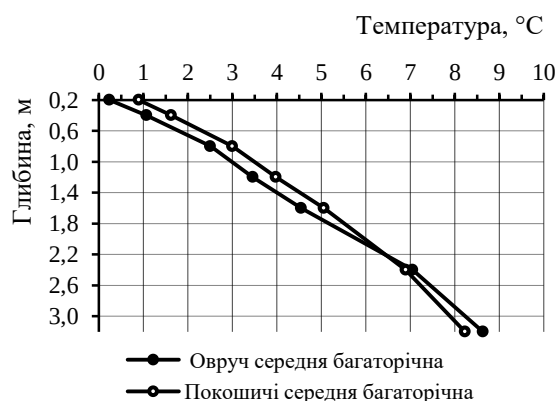


Рис. 2. Профілі температури ґрунту за січень (2006 – 2015 рр.)

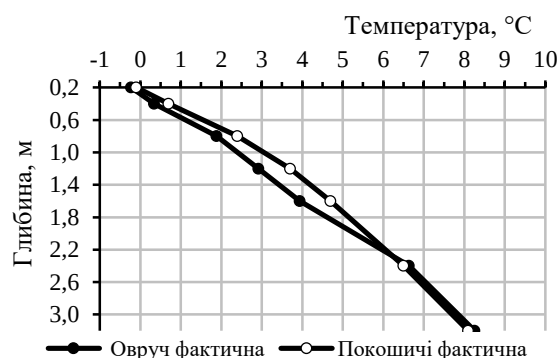


Рис. 3 Профілі температури ґрунту за січень 2015 р.

Отже, розрахований профіль у даному випадку використовувати не потрібно, залишивши температуру на глибинах 1,2 м та 1,6 м без змін.

На станції Баштанка у жовтні 2015 р. нев'язка перевищує допуск (див. табл.1). у таблиці градієнтів хід градієнтів правильний (табл. 2), але в таблиці виправлених

значень різниця між фактичною і розрахованою температурою на глибині 0,4 м і 0,8 м перевищує допустиме значення і дорівнює відповідно 1,3 та 0,6 °С.

Щоб перевірити достовірність температури на цих глибинах, необхідно порівняти профіль фактичної температури ґрунту за жовтень 2015 р. на станції Баштанка з профілем виправленої (розрахованої методом апроксимації) температури цієї станції та профілем фактичної температури на станції Первомайськ (станція-аналог). У результаті порівняння встановлено, що дані станції-аналога підтверджують фактичну температуру на станції Баштанка (рис. 4). У цьому випадку апроксимація температури ґрунту на станції Баштанка дала хибний результат для глибин 0,4 і 0,8 м.

Для прийняття остаточного рішення щодо визнання достовірними чи недостовірними значень температури ґрунту можна скористатися картами розподілу температури поверхні ґрунту та температури ґрунту на глибинах. Для аналізування температури ґрунту на невеликих глибинах можна також використовувати карти розподілу температури повітря.

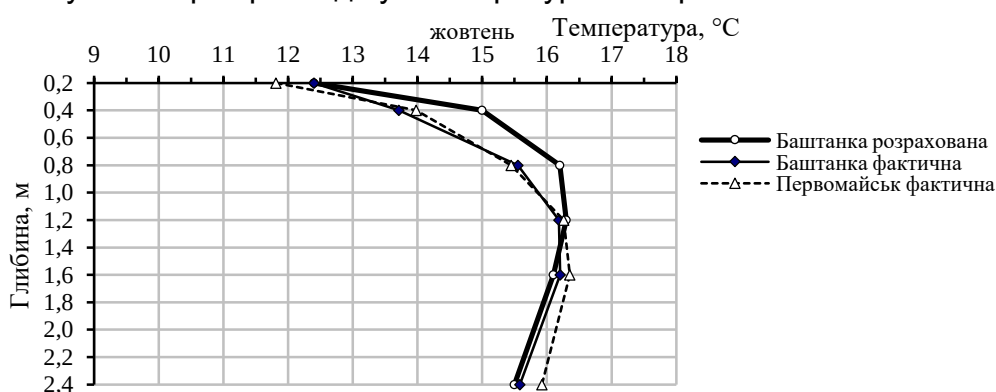


Рис. 4. Профілі температури ґрунту за жовтень 2015 р. на станціях Баштанка та Первомайськ

Наведені на рис. 5– 6 карти свідчать, що територіальний розподіл температури ґрунту на території України на глибині 0,4 м у жовтні 2015 року в загальних рисах та на контрольованих станціях Овруч і Баштанка відповідає розподілу температури повітря.

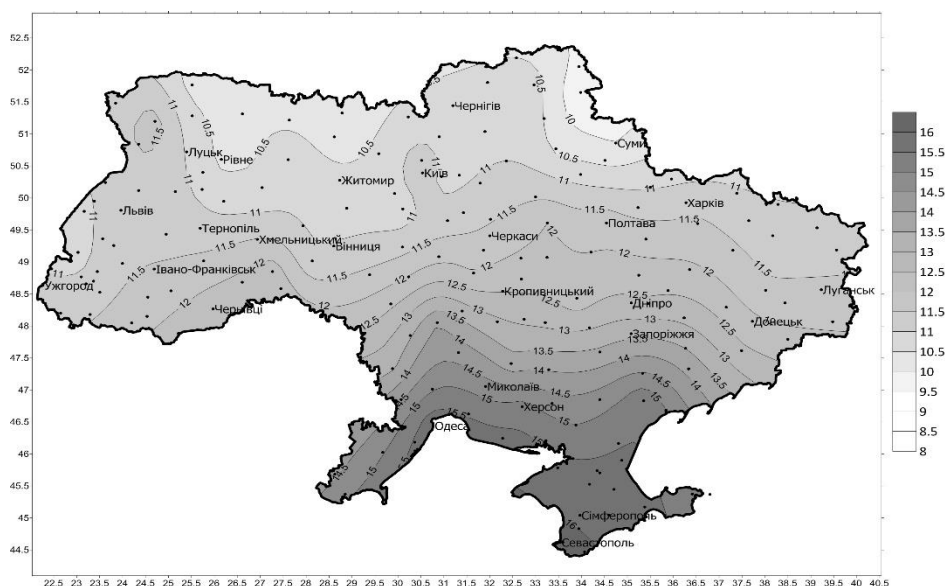


Рис. 5. Карта розподілу температури ґрунту на глибині 0,40 м за жовтень 2015 р.

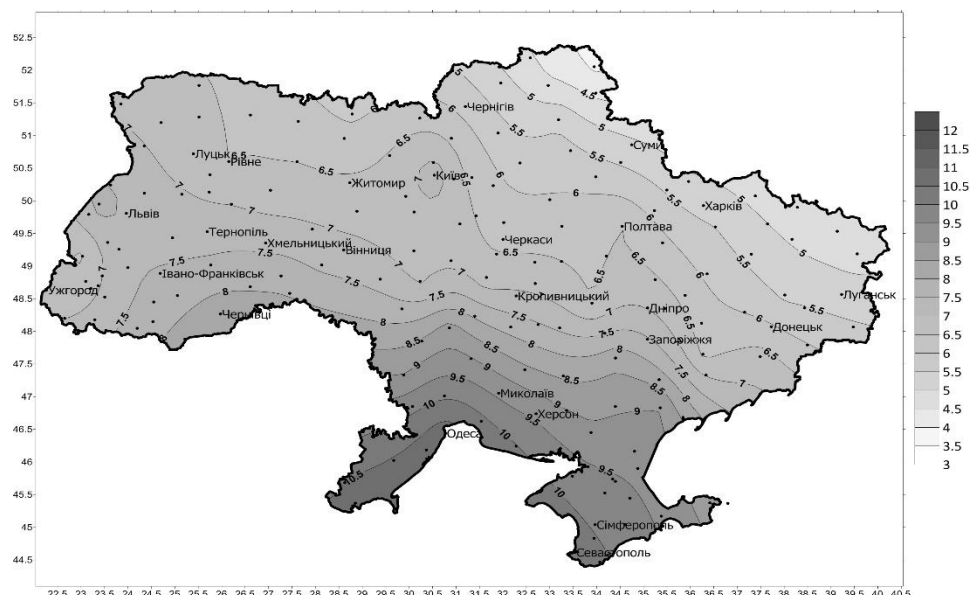


Рис. 6. Карта середньої температури повітря за жовтень 2015 р.

Висновки. На думку авторів, порівняння середніх місячних профілів температури ґрунту на глибинах за місяць, що контролюється, з профілями температури за багаторічний період (не менший за 10 років) для відповідного місяця допоможе проаналізувати хід градієнтів і зробити правильні висновки щодо достовірності даних.

Під час доопрацювання програми ПЧК необхідно, крім одержання таблиць нев'язок, градієнтів і виправлених значень температури ґрунту, передбачити обов'язкову побудову багаторічних місячних профілів температури ґрунту на глибинах та створення карт територіального розподілу температури ґрунту для різних глибин. Також бажано уточнити коефіцієнти полінома другого порядку для розрахунку апроксимованих значень температури ґрунту, які були одержані за допомогою даних, отриманих до 1984 р.

Список літератури

1. Рекомендации по анализу результатов пространственного контроля режимной метеорологической информации. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. 175 с.
2. Грибова Т.П., Грошева Л.А. Об опыте применения программы пространственного контроля режимной метеорологической информации. Тр. ГГО, 1987. Вып. 512. С. 20-29.
3. Беспалов Д.П., Грибова Т.П. Об анализе результатов критического контроля месячных выводов по температуре почвы на глубинах Тр. ГГО, 1981. Вып. 449. С. 31- 40.
4. Швень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О. Аналіз багаторічних тенденцій динаміки температури ґрунту на глибинах під природним покривом. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2017. №3 (46) С. 86-95.
5. Швень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О. Використання багаторічних даних для контролю температури ґрунту на глибинах під природним покривом. Праці ЦГО, 2018. Вип. 14(28) С. 64-73.
6. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. Л.: Гидрометеиздат, 1972. С. 48-58.
7. Хэнкс Р. Дж., Ашкрофт Дж. Л. Прикладная физика почв. Температура и влажность почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 126-145.
8. РД 52.04.614 – 2000 / Наставление метеорологическим станциям и постам. Выпуск 3. Часть II. Л.: Гидрометеиздат. С. 43- 48.
9. Прусов В.А., Сніжко С.І. Методи прикладного системного аналізу в гідрометеорології. К.: Прінт Сервіс, 2017. С. 46-53.
10. Cyril Nwankwo, Difference Ogagarue Investigation of Temperature Variation at Soil Depths in Parts of Southern Nigeria. American Journal of Environmental Engineering, 2012. №2 (5). P. 142-147.
11. Popiel C., Wojtkowiak J., Biernacka B. Measurevent of temperature distribution in ground. Experimental Thermal and Fluid Science. 2001. Vol. 25. P. 301-309.

References

1. Rekomendacii po analizu rezul'tatov prostranstvennogo kontrolya rezhimnoj meteorologicheskoy informacii. Sankt-Peterburg. Gidrometeoizdat, 1993. 175 s.
2. Gribova T.P., Grosheva L.A. Ob opyte primeneniya programmy prostranstvennogo kontrolya rezhimnoj meteorologicheskoy informacii. Tr. GGO, 1987, Vyp. 512 S. 20–29.
3. Bespalov D.P., Gribova T.P. Ob analize rezul'tatov kriticheskogo kontrolya mesyachnyh vyvodov po temperature pochvy na glubinah. Tr. GGO, 1981. Vyp. 449 S. 31–40.
4. Shven N.I., Mytnyk T.G., Gal'perina T.O. Analiz bagatorichnykh tendentsij dynamiky temperatury gruntu na hlybynakh. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia. Nauk. zb. Kyiv, 2017. № 3(46) S. 86–95.
5. Shven N.I., Mytnyk T.G., Gal'perina T.O. Vykorystannia bagatorichnykh danykh dlia kontrolju temperatury gruntu na hlybynakh pid pryrodnyim pokryvom. Pratsi TSGO. 2018. Vyp. 14(28) S. 64–73.
6. Shul'gin A.M. Klimat pochvy i ego regulirovanie. Gidrometeoizdat. L. 1972 S. 48–58.
7. Henks, Dzh, L. Ashkroft, Prikladnaja fizika pochvy. Temperatura i vlazhnost' pochvy. L.:Gidrometeoizdat. 1985. S 126.-145.
8. RD 52.04.614 – 2000. Nastavlenie yidrometeorologicheskimstancijam i postam. Vyp. 3. Chast' 2. L. Gidrometeoizdat. S. 43–48.
9. Prusov V.A., Snizhko S.I. Metody prykladnogo systemnogo analizu v yidrometeorolohiji. K. Print Servis. 2017. S. 46–53.
10. Cyril Nwankwo, Difference Ogagarue. Investigation of Temperature Variation at Soil Depths in Parts of Southern Nigeria. American Journal of Environmental Engineering. 2012. №2(5) p. 142-147.
11. Popiel C., Wojtkowiak J., Biernacka B. Measurevent of temperature distribution in ground. Experimental Thermal and Fluid Science. – 2001. Vol. 25. pp. 301– 309.

Уточнення методики критичного контролю температури ґрунту на глибинах

Швень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О., Герасименко І.В.

Перевірка достовірності температури ґрунту на глибинах із застосуванням апроксимації профілю середніх місячних значень температури ґрунту за допомогою полінома другого порядку не завжди достатньо ефективна. Під час застосування цієї методики для контролю даних за перехідні місяці з'являється велика кількість нев'язок, що перевищують критерій достовірності, які не підтверджуються. Ця методика в деяких випадках може спричинити хибні висновки також за умови встановлення літнього чи зимового типу розподілу температури ґрунту на глибинах.

Враховуючи результати порівняння фактичних профілів температури з апроксимованими значеннями та багаторічними даними, пропонується під час критичного контролю температури ґрунту на глибинах використовувати середні багаторічні дані температури за останні 10 років та профілі температури станцій-аналогів.

Ключові слова: температура ґрунту на глибинах, просторово-часовий контроль даних, профіль температури, нев'язка, градієнти температури.

Уточнение методики критического контроля температуры почвы на глубинах

Швень Н.И., Митник Т.Г., Гальперина Т.Г., Герасименко И.В.

Проверка достоверности температуры почвы на глубинах с использованием аппроксимации профиля средних месячных значений температуры с помощью полинома второго порядка не всегда достаточно эффективна. Использование этой методики для контроля данных за переходные месяцы приводит к появлению большого количества невязок, превышающих критерий достоверности, которые не подтверждаются. Эта методика в некоторых случаях может привести к ложным выводам также при установлении летнего или зимнего типа распределения температуры почвы на глубинах.

Учитывая результаты сравнения фактических профилей температуры в переходные месяцы с аппроксимированными значениями и многолетними данными, предлагается при критическом контроле температуры почвы на глубинах использовать средние многолетние данные температуры за последние 10 лет и профили температуры станций-аналогов.

Ключевые слова: температура почвы на глубинах, пространственно-временной контроль данных, профиль температуры, невязка, градиенты температуры.

Revision of method of critical control of temperature of soil on depths

Shven N., Mytnyk T., Galperina T., Gerasimenko I.

Verification of temperature of soil on depths with application of approximation of mean monthly temperature of soil by the polynomial equation of the second order is not always effective enough.

The use of this methodology for control of data of transitional months results to appearance of plenty of wrong errors that exceed the criterion of data validity but are not confirming after verification. This

methodology in some occasions can result in wrong conclusions also when the summer or winter type of distribution of temperature of soil on depths is established.

Taking into account the results of comparison of actual profiles of temperature in transitional months with the approximated values and long-term data, it is suggested at critical control of temperature of soil on depths to use these long-term middle temperatures for the last 10 and profiles of temperature of stations-analogues.

It is recommended to revise the program of spatio-temporal control for the providing not only the producing of tables of errors, gradients and corrective values of temperature of soil, but also the producing of the temperature profiles and maps of monthly temperature of soil on depths of current month.

It is also desirable to correct the coefficients of polynomials of the second order to calculate the approximated values of soil temperature, which were obtained using data obtained before 1984.

Keywords: *soil temperature on depths, critical control of soil temperature, errors, temperature profile, temperature gradients.*

Надійшла до редколегії 23.07.2018

УДК 556

Забокрицкая М.Р.

Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки, г. Луцк

ОЦЕНКА, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ – РАБОТА, УДОСТОЕННАЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИИ УКРАИНЫ 2017 ГОДА

Ключевые слова: Государственная премия, цикл научных работ, водные экосистемы, гидрохимия, гидробиология, гидроэкология.

Введение. 19 мая 2018 г. вышел Указ Президента Украины № 138/2018 о присуждении группе исследователей Государственной премии Украины в области науки и техники 2017 года за работу "Оценка, прогнозирование и оптимизация состояния водных экосистем Украины" [33]. В состав авторского коллектива вошли восемь украинских ученых [16, 33]:

Осадчий Владимир Иванович - член-корреспондент НАН Украины, доктор географических наук, директор Украинского гидрометеорологического института ГСЧС Украины и НАН Украины;

Корнилович Борис Юрьевич - член-корреспондент НАН Украины, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химической технологии керамики и стекла Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского";

Никифорович Евгений Иванович - член-корреспондент НАН Украины, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом моделирования гидротермических процессов Института гидромеханики НАН Украины;

Линник Петр Никитович - доктор химических наук, профессор, заведующий отделом пресноводной гидрохимии Института гидробиологии НАН Украины;

Протасов Александр Алексеевич - доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института гидробиологии НАН Украины;

Щербак Владимир Иванович - доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института гидробиологии НАН Украины;

Хильчевский Валентин Кириллович - доктор географических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, заведующий кафедрой гидрологии и гидроэкологии Киевского национального университета имени Тараса Шевченко;

Набиванец Юрий Богданович - кандидат географических наук, заместитель директора Украинского гидрометеорологического института ГСЧС Украины и НАН Украины.

«Оценка, прогнозирование и оптимизация состояния водных экосистем Украины» - это цикл научных работ, которые выполнялись авторами на протяжении 1980-2016 гг. На соискание Государственной премии Украины он был выдвинут Украинским гидрометеорологическим институтом Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям и Национальной академии наук Украины.

В данной публикации представлено краткое реферативное изложение этого цикла работ. Список литературы, который здесь помещен, включает работы лауреатов лишь монографического характера.



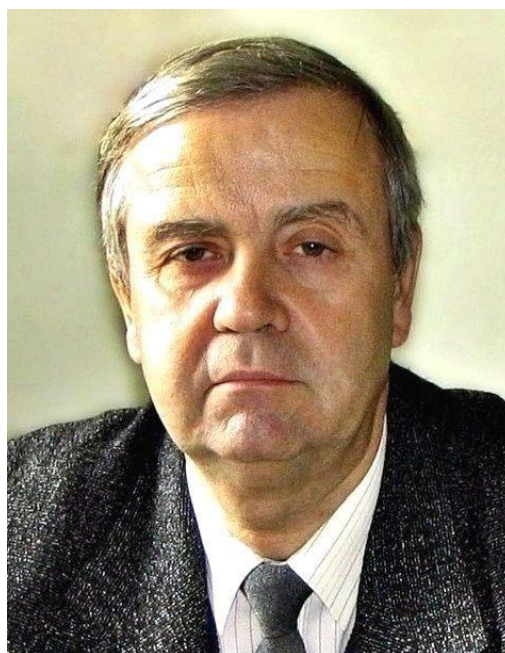
Осадчий Владимир Иванович,
член-корр. НАН Украины, доктор
географических наук, директор
Украинского гидрометеорологического
института ГСЧС Украины и НАН Украины,
лауреат Госпремии Украины 2017 г.



Корнилович Борис Юрьевич,
член-корр. НАН Украины, доктор
химических наук, профессор,
заведующий кафедрой НТУ
"Киевский политехнический институт
имени Игоря Сикорского",
лауреат Госпремии Украины 2017 г.



**Никифорович Евгений
Иванович,**
член-корр. НАН Украины, доктор физико-
математических наук, профессор,
заведующий отделом моделирования
гидротермических процессов
Института гидромеханики НАН Украины,
лауреат Госпремии Украины 2017 г.



Линник Петр Никитович,
доктор химических наук, профессор,
заведующий отделом
пресноводной гидрохимии
Института гидробиологии
НАН Украины,
лауреат Госпремии Украины 2017 г.



Протасов Александр Алексеевич,
доктор биологических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
Института гидробиологии НАН Украины,
лауреат Госпремии Украины 2017 г.



Щербак Владимир Иванович,
доктор биологических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
Института гидробиологии НАН Украины,
лауреат Госпремии Украины 2017 г.



**Хильчевский Валентин
Кириллович,**
доктор географических наук, профессор,
зав. кафедрой гидрологии и гидроэкологии
Киевского национального университета
имени Тараса Шевченко,
лауреат Госпремии Украины 2017 г.



Набиванец Юрий Богданович,
кандидат географических наук,
заместитель директора
Украинского гидрометеорологического
института ГСЧС Украины и НАН Украины,
лауреат Госпремии Украины 2017 г.

Структура работы состоит из объединенных единой целью и общей направленностью методологических и методически-прикладных разработок и результатов их реализации по трем направлениям, а именно:

1). *Аналитическая, экспериментальная и системная гидрохимия и гидроэкология*: создание химико-аналитической и экспериментальной базы осуществления мониторинга водных экосистем, исследования факторов и процессов формирования химического состава поверхностных вод для оценки и прогнозирования их состояния и качества.

2). *Региональная и бассейновая гидрохимия и гидроэкология*: региональные и бассейновые гидрохимические и гидроэкологические исследования.

3) *Гидроэкологический и гидробиологический контроль природных водных экосистем и техноэкосистем*: разработка принципов и методологических основ оценки и контроля биотических процессов в водных экосистемах в градиенте антропогенной зависимости, начиная с водных объектов природно-заповедного фонда, антропогенно нарушенных водоемов и водотоков, заканчивая техноэкосистемами; создание принципиально новых научных основ и системы гидробиологического и гидроэкологического мониторинга техноэкосистем с учетом положений Водной рамочной директивы Европейского Союза; разработка принципов конструктивного и эксплуатационного управления техноэкосистемами энергетических объектов.

Научная новизна. Созданный цикл научных работ обосновывает новые прогрессивные принципы и методы и реализуют современные технологии мониторинга, оценивания, прогнозирования и оптимизации состояния водных экосистем в широком спектре их зависимости от антропогенного влияния и направлен на комплексное экологически безопасное использование и охрану водных объектов и их водосборов с учетом особенностей климатических и социально-экономических условий в стране.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1). **Аналитическая, экспериментальная и системная гидрохимия и гидроэкология** [24, 25, 29,30, 32, 42, 68, 69]

Новизна методологических принципов и подходов состоит в:

- реализации концепции системных гидрохимических исследований, которые базируются на сочетании общегеографических методов в изучении условий и факторов формирования химического состава поверхностных вод с теоретико-экспериментальным изучением физико-химических процессов трансформации веществ в водной среде;

- применении принципов термодинамического моделирования, для теоретико-прикладного исследования процессов формирования химического состава поверхностных вод (при оценивании равновесного состояния гидрохимических систем, форм нахождения химических элементов и веществ в воде и поровых растворах донных отложений, анализе их межфазовых трансформаций);

- учете структурно-функционального механизма процессов самоочищения водной среды от разнообразных классов загрязняющих веществ, идентифицированного по результатам натурно-экспериментальных и аналитически-моделирующих исследований трансформационных изменений и межфазового распределения химических элементов в системе "атмосферные осадки - почвенный комплекс водосборов - речная вода" и "вода - взвешенные вещества - донные отложения";

- реализации концепции "буферной емкости" водных экосистем и их самоочищающей способности за счет физико-химических, гидрологических и биологических процессов в водной среде, которая является основой для разработки эффективных подходов к возобновлению состояния поверхностных вод Украины, испытывающих антропогенную нагрузку;

- учете закономерностей формирования химического состава поверхностных вод в условиях значительной тепловой нагрузки от тепловых и атомных электростанций;

- реализации концепции исследования сосуществующих форм металлов в водных объектах и роли этих форм в миграции и распределении металлов между абиотическими компонентами различных водоемов;

- развитии концепции оценки эколого-токсикологической ситуации в водоемах по соотношению "свободных" ионов металлов, как наиболее токсичной их формы, и комплексных соединений, преимущественно с естественными органическими лигандами, как мало токсичной или нетоксичной формы;

- характеристике механизма подвижности металлов в системе "донные отложения - вода" на основе исследования форм нахождения металлов в поровых растворах донных обложений.

Новизна методически-прикладных решений состоит в разработке:

- методов и методик определения разнообразных химических веществ и их соединений в отдельных компонентах водных экосистем (вода, взвешенные вещества, донные отложения);

- комплексных моделей оценки и прогнозирования состояния и качества поверхностных вод;

- программно-моделирующего комплекса для термодинамических расчетов форм нахождения веществ и химических элементов в разных типах природных вод, воссоздания их межфазового распределения и трансформации, а также определения равновесного состояния основных гидрохимических систем;

- архитектуры универсальной информационно-аналитической системы для интегрированного накопления и визуализации данных относительно оценивания и прогнозирования состояния и качества поверхностных вод;

- методов оценки и схемы ремобилизации тяжелых металлов из донных отложений, которые базируются на расчетах скорости молекулярной диффузии, и трансформации форм этих металлов в зависимости от условий водной среды;

- моделей мониторинга и прогнозирования состояния водных объектов и водных экосистем при существенном тепловом загрязнении;

- комплекса современных физико-химических методов разделения и анализа сосуществующих форм металлов в поверхностных водах: мембранная фильтрация, фотохимическое окисление, ионообменная и гель-хроматография, каталитические (хемилюминесцентные) и электрохимические методы, в том числе электродиализ, электромиграция, анодная инверсионная вольтамперометрия (с выявлением наиболее эффективных).

2). Региональная и бассейновая гидрохимия и гидроэкология [1, 2, 5, 6, 9, 14, 15, 22, 27, 28, 31, 38-40, 45, 46, 49, 50-64]

Новизна методологических принципов и подходов состоит в:

- реализации принципов территориально-временного разноуровневого оценивания и прогнозирования состояния и качества поверхностных вод Украины;

- формализации зонального, регионального, бассейнового и пообъектного анализа гидроэкологической ситуации в Украине с целью обоснования эффективных комплексных природоохранных мероприятий;

- реализации концепции многоисточникового получения, сохранения, обработки и поливариантной тематической визуализации гидрохимической информации по цепочке "створ - река - речной бассейн - поверхностные воды Украины";

- реализации концепции зональных и бассейновых гидрохимических и гидроэкологических исследований на экспериментальных водосборах водно-балансовых станций;

- реализации концепции трансформации химического состава поверхностных вод в условиях антропогенного влияния.

Новизна методически-прикладных решений состоит в разработке:

- базы многолетних данных и методов картографирования поверхностных вод Украины по элементам солевого состава, биогенным веществам, тяжелым металлам и органическим веществам;

- методов гидрохимического и гидроэкологического районирования территории Украины;

- моделей связи между параметрами производства и ресурсопользования и содержанием химических веществ в атмосферных осадках и поверхностных водах Украины;

- технологии наблюдений на экспериментальных водосборах;

- методических принципов исследования компонентного состава растворенных органических веществ в поверхностных водах (на примере днепровских водохранилищ и малых водных объектов в пределах мегаполиса г. Киева) и роли их отдельных групп в процессах комплексообразования и детоксикации тяжелых металлов;

- баз знаний и данных относительно распределения ряда металлов среди взвешенных и растворенных форм в воде украинского участка Дуная, днепровских водохранилищ, устьевых участков Южного Буга и Днестра, лиманов северо-западного Причерноморья, некоторых средних и малых рек Украины, водных объектов в пределах мегаполиса;

- баз знаний и данных о процессах сорбции веществ донными отложениями и их десорбции из последних при действии различных факторов (экспериментальное моделирование и натурные исследования на примере днепровских водохранилищ);

- ведомственных нормативных документов (ВНД) по осуществлению мониторинга вод.

3). Гидроэкологический и гидробиологический контроль природных водных экосистем и техноекосистем [1, 3, 4, 7, 8, 10-13, 17-20, 23, 26, 34-37, 41, 43, 44, 47-49, 65-67]

Новизна методологических принципов и подходов состоит в реализации:

- концепции градиентной природы широкого спектра водных экосистем в разной степени зависящих от антропогенного воздействия;

- концепции техноекосистемы как нового типа экосистем, в которой техногенные (антропогенные) элементы наряду с природными создают своеобразный абиотический "каркас" сложных экосистемных отношений и взаимодействий;

- концепции гидробиологии и водной экологии как фундаментальных наук, что базируется на принципах исследований специфически структурированного живого вещества в биосфере согласно учения о биосфере В.И. Вернадского;

- концепции биogeома как структурной единицы биосферы; формирование нового типа биogeома, а именно технобиogeома; концептуальные положения относительно перехода биосферы в новое состояние - ноосферу за счет частичного замещения естественных экосистем антропогенными;

- концепции гидробиологического и гидроэкологического мониторинга техноэкосистем, направленного на контроль взаимодействия природных и техногенных элементов и факторов, а также обратного влияния биотических факторов на надежность работы технических систем, оборудования, агрегатов и сооружений;

- концепции системности процессов формирования биологических препятствий в работе агрегатов технического водоснабжения, типизации и классификации биопрепятствий, которая направлена на разработку адекватных методов контроля действия биотических факторов на технические системы;

- концепции причинно-следственной системности инвазионного процесса в техноэкосистемах, зависимости рисков инвазии инородных видов гидробионтов от состояния экосистем, что в разной мере зависимы от антропогенных факторов, а также последствий такой инвазии для биотических и технических систем;

- концепции контуризации водных экосистем в результате ряда причин, в частности действия гидробионтов-вселенцев, изменений в гидрохимическом режиме водоемов и взаимосвязи биотопического и биотического многообразия;

- концепции биоценотического градиента, полярной системы биотических группировок, в которой закономерно изменяется характер структуры и биоценотических отношений;

- концептуальных научных принципов исследований гидробиологического и ландшафтного многообразия объектов природно-заповедного фонда Украины;

- концепции техноэкосистемы как нового типа экосистем;

- принципов верификации на основе сравнения данных относительно отклика биоты в днепровских водохранилищах на изменения термического режима в период современных температурных аномалий с данными по гидробиологическому режиму в техноэкосистемах ТЭС и АЭС;

- концепции эволюционного формирования фитопланктона эвтрофных днепровских водохранилищ;

- концепции стабилизации развития фитопланктона эвтрофных водохранилищ, которая обуславливается снижением интенсивности "цветения" воды;

- концепции функционирования фитопланктона в условиях пролонгированного влияния повышенного радионуклидного загрязнения, обусловленного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, и роста его роли в миграции радионуклидов чернобыльского происхождения в системе "вода - фитопланктон - гидробионты высших трофических уровней" после стабилизации радиационной ситуации в зоне отчуждения ЧАЭС.

Новизна методически-прикладных решений состоит в разработке:

- методов классификации водных объектов, которые входят в состав техноэкосистем и фоновых ландшафтно-гидроэкологических комплексов;

- комплексных подходов и методов оценки влияния энергетических станций (ТЭС и АЭС) на основе экспертных оценок в главных блоках, которые определяются ключевыми экологическими факторами и факторами антропогенного характера;

- методов получения адекватной гидробиологической и гидроэкологической информации в условиях техноэкосистем, включая методы подводных наблюдений и экспериментальных работ *in situ*;

- методов моделирования условий, которые являются характерными для отдельных звеньев систем водоснабжения энергетических станций для выявления физиологических, экоморфологических реакций гидробионтов на комплекс факторов техногенного характера;

- методических принципов получения натурального и экспериментального материала для формирования баз данных относительно состава и структуры группировок гидробионтов, экологического состояния водных объектов всего техногенно-антропогенного градиента;
- методов определения комплекса приемлемых экологических условий и параметров техноэкосистем, которые могут рассматриваться как экологические потенциалы для сравнения, "потенциал-референционных" условий согласно принципов Водной рамочной директивы ЕС и методики сравнения реального состояния с условным "эталонном";
- концептуальных моделей контуризации в водных экосистемах, включая техноэкосистемы, которая происходит в результате комплекса факторов, а именно: инвазии агрессивных видов гидробионтов, которые быстро размножаются, изменений в структуре группировок типа биоманипуляций top - down, изменений режима минерализации, под воздействием активных фильтраторов-контуробионтов и т.д.;
- концептуальных решений относительно техногенного повышения биотического многообразия при проектировании и эксплуатации ТЭС и АЭС для повышения биотической выравниваемости, биотического многообразия и повышения стойкости биотических систем под воздействием техногенных факторов;
- методических подходов к выделению 5 этапов сукцессии фитопланктона крупного равнинного водохранилища: 1-й и 2-й - когда водохранилище занимало главное положение в каскаде; 3-й и 4-й - после его трансформации во внутрикаскадное; 5-й - современный период.

ВНЕДРЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1). Аналитическая, экспериментальная и системная гидрохимия и гидроэкология. 2). Региональная и бассейновая гидрохимия и гидроэкология.

К основным внедренным научно-техническим результатам по этим двум направлениям принадлежат:

- многоцелевая компьютерная ИАС "Химический состав и качество поверхностных вод Украины", которая внедрена в МЧС Украины и постоянно используется в работе гидрометеорологических подразделений (МЧС Украины с 2012 г. ГСЧС Украины - Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям). Разработка осуществлена по результатам международного проекта ОС 97-0003-9124 (IDRC, Канада) в 1998-2000 гг. и проекта Минприроды Украины № госрегистрации 0101U007504 в 2003 г.;
- электронные базы данных, основанные на геоинформационных и информационно-сетевых технологиях (режим "он-лайн") для поддержки информационного менеджмента экологического оздоровления трансграничного бассейна Днепра (внедрены по одноименной международной программе ПРООН-ГЕФ по Днепру в 2001-2004 гг., в том числе в составе действующего международного веб-сайта <http://dnipro.ecobase.org.ua>);
- сведенные материалы об экологическом состоянии поверхностных вод Украины, которые ежегодно внедряются в Национальный доклад о состоянии окружающей природной среды под эгидой Минприроды Украины;
- регламентная схема организации наблюдений на водных объектах, выполнения химико-аналитических работ и обобщения данных о качестве воды (внедрена в 2002 г. в ведомственном нормативном документе Госводхоза Украины) - ВНД 33-5.5-10-2002 "Порядок организации и осуществления государственного

мониторинга вод в системе Госводхоза Украины" (Госводхоз Украины - сейчас Госводагентство Украины);

- схема оптимизации мониторинга вод согласно требованиям Водной рамочной директивы ЕС (внедрено в 2005 г. в Госводхозе Украины в "Методических указаниях относительно оптимизации системы наблюдений по состоянию поверхностных вод с учетом требований Водной рамочной директивы Европейского Союза");

- методические рекомендации относительно определения сосуществующих форм металлов в природных водах (внедрены как "Методические рекомендации по определению форм миграции ионов металлов в природных водах" в 1989 г. в Одесском научно-исследовательском институте курортологии, Институте геофизики и геологии АН Молдавии, Севанской гидробиологической станции АН Армении, Азовском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства (Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону);

- рекомендации по оптимизации водоподготовки на Днепровском и Деснянском водозаборах г. Киева;

- схема комплексного мониторинга водоема-охладителя и прилегающей акватории Каховского водохранилища (внедрено на Запорожской АЭС);

3). Гидроэкологический и гидробиологический контроль природных водных экосистем и техноэкосистем

К основным внедренным научно-техническим результатам по этому направлению принадлежат:

- оценка влияния на окружающую среду (ОВОС ТЭО) введения в эксплуатацию второго, третьего и четвертого энергоблоков Хмельницкой АЭС (гидробиологический аспект, включая блок "Биологические препятствия");

- оценка влияния на окружающую среду (ОВОС ТЭО) введения в эксплуатацию четвертого энергоблока Ровенской АЭС (гидробиологический аспект);

- многолетний развернутый мониторинг и оценка состояния техноэкосистемы Хмельницкой АЭС и фоновых водных объектов;

- оценка состояния водных объектов национального природного парка "Малое Полесье", который частично входит в зону влияния Хмельницкой АЭС и занимает часть водосбора р. Горынь (источника воды для водоема-охладителя Хмельницкой АЭС);

- концепция безопасной эксплуатации энергоблоков Хмельницкой АЭС в условиях наличия биологических препятствий;

- оценка состояния элементов контурной подсистемы экосистемы водоема-охладителя Чернобыльской АЭС и разработка системы экологически обоснованного вывода из эксплуатации (спуска) водоема-охладителя в рамках подготовки ОВОС (оценки воздействия на окружающую среду);

- база гидробиологических данных на основе оригинального пакета "WaCo", который содержит массив данных относительно состава, количественных показателей группировок гидробионтов (фитопланктон, зоопланктон, зообентос, зооперифитон, макрофиты) водоемов-охладителей и других водных объектов техноэкосистем Криворожской, Змиевской, Трипольской, Ладыжинской, Кураховской ТЭС Украины, Конинской и Патновской ТЭС (Польша), а также Южно-Украинской, Запорожской, Хмельницкой, Ровенской, Чернобыльской АЭС;

- база-картотека натурных результатов подводных исследований гидросооружений Криворожской, Змиевской, Трипольской, Ладыжинской, Кураховской ТЭС Украины, Конинской и Патновской ТЭС (Польша), а также Южно-Украинской, Запорожской, Хмельницкой, Ровенской, Чернобыльской АЭС;

- стандарт НАЭК "Энергоатом" 0.03.088-2010 г. "Порядок разработки регламента гидробиологического мониторинга водоема-охладителя, систем охлаждения и системы технического водоснабжения АЭС с реакторами типа ВВЭР", внедренный в системах охраны окружающей среды Южно-Украинской АЭС и Хмельницкой АЭС;

- методика исследования и контроля группировок перифитона, включая и группировки обрастаний в техноэкосистемах;

- рекомендации и схема гидробиологического мониторинга водоема-охладителя Запорожской АЭС и прилегающей акватории Каховского водохранилища;

- анализ данных и рекомендации относительно оценки многообразия группировок беспозвоночных в проекте INTAS (01Poll-0556 RESPOND) "Радиоэкологические исследования водоема ЧАЭС, разработка вариантов его дальнейшего использования";

- научно-практическое обоснование "Оценка современного состояния и качества воды придаточного водоема Днепродзержинского водохранилища в месте размещения проектируемого водозабора для технического и питьевого водоснабжения промпредприятий г. Комсомольска» (г. Комсомольск – сейчас г. Горишние Плавни);

- "Дополнение к ОВОС по ТЭО Подольского мостового перехода через Днепр (раздел гидроэкоОВОС)".

СРАВНЕНИЕ С АНАЛОГАМИ

Основные научно-технические результаты работы, которые реализуют предложенные в ней принципы и технологии мониторинга, оценивания и прогнозирования состояния и качества поверхностных вод и водных экосистем, при сравнении с лучшими зарубежными и отечественными аналогами, являются такими, что:

- отвечают принципам Водной рамочной директивы ЕС (Water Framework Directive 2000/60/EC) и мировым требованиям к информационным технологиям EEONET (European Environmental and Observation Network);

- не уступают лучшим аналогам стран Европейского Союза и мирового сообщества, что доказано использованием ряда технологий этого цикла работ как составляющих международных систем информационного менеджмента, в частности для международных трансграничных бассейнов Днепра, Тисы и Днестра в рамках проектов ПРООН-ГЕФ, в т.ч. при условии технологического лидерства украинских разработчиков;

- по некоторым характеристикам (комплексности параметров состояния природных вод и водных экосистем, полифункциональности их анализа), во-первых, отвечают уровню лучших аналогов в технологически развитых странах мира, а во-вторых - существенно превосходят в информационно-технологическом и модельно-интеграционном аспекте разработки менее развитых стран, в т.ч. постсоветского пространства;

- занимают передовые позиции среди лучших отечественных аналогов, что подтверждается уже отмеченной широкой сферой реализации и реального внедрения разработок цикла в отечественной практике;

- в целом, в отличие от существующих зарубежных и отечественных методических аналогов, которые базируются на сугубо функционально-детерминированных подходах к оценке состояния водных экосистем, разработки цикла сочетают принципы детерминистического причинно-следственного анализа

тестовых характеристик состояния объектов гидросферы с вероятностным анализом пространственно-временных возможных или заданных колебаний этих характеристик;

- превышают уровень работ в странах Евросоюза, где гидробиологические исследования сконцентрированы в отрасли исследований природных экосистем, в то время как данная работа охватывает полный спектр гидроэкосистем.

КОЛИЧЕСТВО ПУБЛИКАЦИЙ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ О РАБОТЕ

Данный цикл научных работ прошел следующую апробацию.

1). Опубликовано: 69 монографий; 396 статей в ведущих отечественных профильных журналах и сборниках; 218 статей в международных журналах и изданиях, в т.ч. 172 работы, которые содержатся в базе данных Scopus; 144 публикации в материалах международных симпозиумов, конференций и семинаров (в т.ч. 92 - за рубежом; 52 - в Украине).

2). В целом, защищено 42 диссертации, в т.ч. 10 докторских и 32 кандидатские.

3). В целом, выполнены 97 научно-исследовательских работ и проектов, в т.ч. 20 - в составе программ международного сотрудничества, 32 - в составе национальных (государственных целевых) программ, 45 – других.

4). Представлены доклады на 160 международных симпозиумах, конференциях, семинарах, совещаниях;

5). Внедрены в учебный процесс 12 учебных дисциплин, в т.ч.: 3 - в Киевском национальном университете имени Тараса Шевченко; 2 - в Международном Соломоновом университете; 5 - в Национальном университете "Киево-Могилянская академия"; 2 - в Национальном педагогическом университете имени М.П. Драгоманова.

6). В данной статье помещен список литературы, в который включены лишь монографические издания по циклу работ "Оценка, прогнозирование и оптимизация состояния водных экосистем Украины", удостоенному Государственной премии Украины в области науки и техники 2017 года.

Список литературы

1. Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища / Тімченко В.М., Линник П.М., Холод'юк О.П. та ін.; за ред. В.М. Тімченка. Київ, Логос, 2013. 58 с.

2. Аксьом С.Д., Хильчевский В.К. Вплив сульфатного карсту на хімічний склад природних вод у басейні Дністра. Київ, Ніка-Центр, 2002. 204 с.

3. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г., Орлова М.И., Протасов А.А. и др.; под ред. А.Ф. Алимова, Н.Г. Богуцкой. Москва – Санкт-Петербург, Тов-во науч. изданий КМК, 2004. 436 с.

4. Биоразнообразие и качество среды антропогенно измененных гидроэкосистем Украины / Харченко Т.А., Протасов А.А., Ляшенко А.В. и др. Киев, ИГБ НАН Украины, 2005. 314 с.

5. Будник С.В., Хильчевский В.К. Гидродинамика и гидрохимия склоновых водотоков. Киев, Обрії, 2005. 368 с.

6. Водний фонд України: Штучні водойми - водосховища і ставки: Довідник / Гребін В.В., Хильчевський В.К., Сташук В.А., Чунарьов О.В., Ярошевич О.Є.; за ред. В.К. Хильчевського та В.В. Гребня. Київ, Інтерпрес, 2014. 164 с.

7. Гидробиологический режим Днестра и его водоемов / Сиренко Л.А., Евтушенко Н.Ю., Комаровский Ф.Я., Линник П.Н. и др. Киев, Наукова думка, 1992. 356 с.

8. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / Протасов А.А., Сергеева О.А., Кошелева С.И., Кафтанникова О.Г. и др. Киев, Наукова думка, 1991. 192 с.

9. Гидрохимический атлас СССР / *Пелешенко В.И., Закревский Д.В., Горев Л.Н., Ромась Н.И., Хильчевский В.К. и др.* / Под ред. А.М. Никанорова. Москва, ГУГК, 1990. 127 с.
10. Гидроэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС / *Евтушенко Н.Ю., Кузьменко М.И., Сиренко Л.А. и др. в т.ч. Щербак В.И.* Киев, Наукова думка, 1992. 267 с.
11. Гидроэкология Украинского участка Дуная и сопредельных водоемов / *Харченко Т.А., Тимченко В.М., Ковальчук А.А. и др. в т.ч. Линник П.Н., Набиванец Ю.Б.* Киев, Наукова думка, 1993. 28 с.
12. Гідроекосистеми заповідних територій верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін / За ред. *В.Д. Романенка, С.О. Афанасьєва, В.І.Осадчого.* Київ, Кафедра, 2013. С. 203–208.
13. Гидроэнергетика и окружающая среда / Под общ. ред. *Ю. Ландау, Л. Сиренко.* Коллектив авторов, в т.ч. *П.Н. Линник.* Киев, Либра, 2004. 484 с.
14. *Горев Л.М., Пелешенко В.І., Хильчевський В.К.* Гідрохімія України. Київ, Вища школа, 1995. 307 с.
15. *Горев Л.М., Пелешенко В.І., Хильчевський В.К.* Радіоактивність природних вод. Київ, Вища школа, 1993. 174 с.
16. *Державні премії України* в галузі науки і техніки 2017 року. Комітет з Державних премій України в галузі науки і техніки. URL: <http://www.kdpu-nt.gov.ua/>.
17. Дрейссена *Dreissena polymorpha* (Pallas), (*Bivalvia, Dreissenidae*). Систематика, екологія, практическое значение / *Старобогатов Я.И., Андреева С.И., Биочино Г.И. и др. в т.ч. Протасов А.А.;* под ред. *Я.И.Старобогатова.* Москва, Наука, 1994. 240 с.
18. Екологічний стан київських водойм / *Афанасьєва О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г. та ін. в т.ч. Щербак В.І.* Київ, Фітосоціоцентр, 2010. 256 с.
19. Екологічний стан урбанізованих заплавних водойм: Затока Осокорки / *Тімченко В.М., Линник П.М., Щербак В.І. та ін.* Київ, ІГБ НАН України, 2011. 76 с.
20. Екологічний стан урбанізованих заплавних водойм: Озеро Видубицьке / *Тімченко В.М., Линник П.М., Щербак В.І. та ін.* Київ, ІГБ НАН України, 2007. 64 с.
21. Екологічний стан водних об'єктів урбанізованих територій: Китаївські ставки / *Линник П.М., Жежеря В.А., Батог С.В. та ін.* ІГБ НАН України. Київ, Логос, 2015. 76 с.
22. *Забокрицька М.Р., Хильчевський В.К., Манченко А.П.* Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України. Київ, Ніка-Центр, 2006. 184 с.
23. Комплексна оцінка екологічного стану басейну Дніпра / *Романенко В.Д., Евтушенко М.Ю., Линник П.М. та ін.* Київ, ІГБ НАН України, 2000. 103 с.
24. *Корнілович Б.Ю., Сорокін О.Г., Павленко В.М., Кошик Ю.Й.* Природоохоронні технології в урановидобувній та переробній промисловості. Київ, Норма, 2011. 156 с.
25. *Линник П.Н., Набиванец Б.И.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Ленинград, Гидрометеиздат, 1986. 270 с.
26. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / *Арсан О.М., Давидов О.А., Дьяченко Т.М. та ін. в т.ч. Линник П.М., Протасов О.О., Щербак В.І.* / За ред. *В.Д. Романенка.* ІГБ НАН України. Київ, Логос, 2006. 408.
27. Методика идентификации, оценки и приоритезации источников загрязнения водных объектов («горячих точек») в бассейне реки Днепр / *Ллойд Э., Лупп М., Элион Д. и др. в т.ч. Осадчий В.* Киев, ПолиграфКонсалтинг, 2004. 118 с.
28. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу / *Гребінь В.В., Мокін В.Б., Сташук В.А., Хильчевський В.К. та ін.* Київ, Інтерпрес, 2013. 55 с.
29. *Набиванец Б.И., Линник П.Н., Калабина Л.В.* Кинетические методы анализа природных вод. Киев, Наукова думка, 1981. 140 с.
30. *Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б.* Аналітична хімія поверхневих вод. Київ, Наукова думка, 2007. 455 с.
31. Національний атлас України / За ред. *Л.Г. Руденка, М.В. Багрова, Л.М. Веклич, В.І. Осадчого та ін.* Київ, Картографія, 2007. 435 с.
32. *Никифорович Е.И., Федоровский А.Д., Приходько Н.А.* Процессы переноса в системах газ-жидкость. Киев, Наукова думка, 1988. 386 с.

33. Про присудження Державних премій України в галузі науки і техніки 2017 року / Указ Президента України № 138/2018 від 19 травня 2018 р. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/1382018-24190>.

34. Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология. Киев, ИГБ НАН Украины. Изд. перовое, 2002. 105 с. Изд. второе, 2008. 106 с.

35. Протасов А.А. Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии. Киев, Академперіодика, 2011. 704 с.

36. Протасов А.А. Пресноводный перифитон. Киев, Наукова думка. 1994. 307 с.

37. Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробионтов в техноэкосистемах ТЭС и АЭС. Киев, ИГБ НАН Украины, 2012. 274 с.

38. Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Гідрохімічний довідник. Київ, Ніка-Центр, 2008. 655 с.

39. Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Линник П.М., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод. Київ, Ніка-Центр, 2013. 240 с.

40. Осадчий В.І., Самойленко В.Н., Набиванець Ю.Б. Информационный менеджмент экологического оздоровления международного бассейна Днестра. Киев, Ника-Центр, 2004. 152 с.

41. Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіття України / Дукін О.В., Єна А.В., Коржнев М.М. та ін. в т.ч. Щербак В.І.. Київ, Хімджест, 2003. 399 с.

42. Радиоактивное и химическое загрязнение Днестра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС / Романенко В.Д., Кузьменко М.И., Евтушенко Н.Ю. и др. в т.ч. Линник П.Н.. Киев, Наукова думка, 1992. Ч. 1. 194 с.

43. Растительность и бактериальное население Днестра и его водохранилищ / Сиренко Л.А., Корелякова И.Л., Михайленко Л.Е. и др. в т.ч. Щербак В.И. Киев, Наукова думка, 1989. 232 с.

44. Романенко В.Д., Афанасьев С.А., Васенко А.Г., Осадчий В.И. и др. Идентификация и оценка источников загрязнения водных объектов («горячих точек») в бассейне Днестра на территории Украины / Под ред. А.А. Галыпы. Киев, ПолиграфКонсалтинг, 2003. 282 с.

45. Савицький В.М., Хільчевський В.К., Чунарьов О.В. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води / За ред. В.К. Хільчевського. Київ, ВПЦ «Київський університет», 2007. 152 с.

46. Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии / Пелешенко В.И., Закревский Д.В., Хильчевский В.К. и др. / Под ред. А.М. Никанорова. Ленинград, Гидрометиздат, 1988. 287 с.

47. Сучасний стан водно-болотних угідь регіонального ландшафтного парку «Прип'ять-Стохід» та їх біорізноманіття / Клєстов М.Л., Щербак В.І., Ковальчук І.П. та ін. / За ред. В.І. Щербака. Київ, Фітосоціоцентр, 2001. 108 с.

48. Техноэкосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / Протасов А.А., Семенченко В.П., Силаева А.А., Тимченко В.М. и др. / Под ред. А.А. Протасова. Киев, ИГБ НАН Украины, 2011. 234 с.

49. Управление трансграничным бассейном Днестра: суббасейн р. Припять / Алиев К.А., Ануфриев В.Н., Афанасьев С.А. и др. в т.ч. Набиванець Ю.Б. / Под ред. А.Г. Ободовского, А.Г. Станкевича, С.А. Афанасьева. Киев, Кафедра, 2012. 444 с.

50. Хільчевський В.К. Агрогідрохімія. Київ, ВПЦ «Київський університет». 1995. 162 с.

51. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти. Київ, ВПЦ «Київський університет», 1999. 319 с.

52. Хільчевський В.К. Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра. Київ, ВПЦ «Київський університет», 1996. 222 с.

53. Хільчевський В.К., Винарчук, Гончар О.М., Забокрицька М.Р. та ін. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України / За ред. В.К. Хільчевського, В.А. Сташука. Київ, Ніка-Центр, 2014. 230 с.

54. Хільчевський В.К., Гончар О.М., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л. та ін. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / За ред. В.К. Хільчевського, В.А. Сташука. Київ, Ніка-Центр, 2013. 180 с.

55. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона / За ред. В.К. Хільчевського. Київ, ВПЦ «Київський університет», 2015. 154 с.
56. Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. Київ, Ніка-Центр, 2012. 180 с.
57. Хільчевський В.К., Курило С.М., Дубняк С.С., Савицький В.М., Забокрицька М.Р. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / За ред. В.К. Хільчевського. Київ, Ніка-Центр, 2009. 115 с.
58. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії. Київ, Ніка-Центр, 2012. 312 с.
59. Хільчевський В.К., Ромась І.М., Ромась М.І., Гребінь В.В. та ін. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / За ред. В.К. Хільчевського. Київ, Ніка-Центр, 2007. 184 с.
60. Хільчевський В.К., Ромась М.І., Чунарьов О.В., Гребінь В.В. та ін. Гідроекологічний стан басейну Горині (в районі Хмельницької АЕС) / За ред. В.К. Хільчевського. Київ, Ніка-Центр, 2011. 176 с.
61. Хільчевський В.К., Савицький В.М., Красова Л.А., Гончар О.М. Польові та лабораторні дослідження хімічного складу води річки Рось / За ред. В.К. Хільчевського. Київ, ВПЦ «Київський університет», 2012. 143 с.
62. Хільчевський В.К., Савицький В.М., Чеботько К.О. та ін. Використання осади стічних вод у сільському господарстві. Київ, ВПЦ «Київський університет», 1997. 115 с.
63. Хільчевський В.К., Чунарьов О.В., Ромась М.І., Яцюк М.В. та ін. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / За ред. В.К. Хільчевського. Київ, Ніка-Центр, 2009. 183 с.
64. Шерстюк Н.П., Хільчевський В.К. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу. Дніпропетровськ, Акцент, 2012. 263 с.
65. Щербак В.І., Майстрова Н.В. Фітопланктон київської ділянки Канівського водоймища та чинники, що його визначають. Київ, ІГБ НАН України, 2001. 70 с.
66. Щербак В.І., Майстрова Н.В., Морозова А.О., Семенюк Н.Є. Національний природний парк „Прип'ять-Стохід”. Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів / За ред. В. І. Щербака. Київ, Фітосоціоцентр, 2011. 164 с.
67. Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Рудик-Леуская Н.Я. Акваландшафтное и биологическое разнообразие Национального природного парка „Нижнесульский”, Украина / Под ред. В.И. Щербака. Киев, Фитосоциоцентр, 2014. 266 с.
68. Use of humic substances to remediate polluted environments: From theory to practice (I.V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn (Eds.) / Linnik P.N., Vasilchuk T.A. etc. NATO Science Series; IV: Earth and Environmental Sciences. Springer. 2005. Vol. 52. 506 pp.
69. Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Switzerland, Springer International Publishing. 2016. 270 pp.

References

1. Abiolychni komponenty ekosystemy Kyivskoho vodoskhovyshcha / Timchenko V.M., Lynnyk P.M., Kholodko O.P. ta in. / Za red. V.M. Timchenka. Kyiv, Lohos, 2013. 58 s.
2. Aksom S.D., Khilchevskiy V.K. Vplyv sulfatnoho karstu na khimichniy sklad pryrodnykh vod u baseini Dnistra. Kyiv, Nika-Tsentr, 2002. 204 s.
3. Biologicheskie invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh / Alimov A.F., Bogutskaya N.G., Orlova M.I., Protasov A.A. i dr. / Pod red. A.F. Alimova, N.G. Bogutskoy. Moskva – Sankt-Peterburg, Tov-vo nauch. izdaniy KMK, 2004. 436 s.
4. Bioraznoobrazie i kachestvo sredy antropogenno izmenennykh gidroekosistem Ukrainy / Harchenko T.A., Protasov A.A., Lyashenko A.V. i dr. Kiev, IGB NAN Ukrainy, 2005. 314 s.
5. Budnik S.V., Hilchevskiy V.K. Gidrodinamika i gidrokhimiya sklonovykh vodotokov. Kiev, Obrii, 2005. 368 s.

6. Vodnyi fond Ukrainy: Shtuchni vodoimy - vodoskhovyshcha i stavky: Dovidnyk / Hrebin V.V., Khilchevskiy V.K., Stashuk V.A., Chunarov O.V., Yaroshevych O.Ie. / Za red. V.K. Khilchevskoho ta V.V. Hrebnia. Kyiv, Interpres, 2014. 164 s.
7. Hidrobiologicheskiiy rezhim Dnestra i ego vodoemov / Sirenko L.A., Evtushenko N.Yu., Komarovskiy F.Ya., Linnik P.N. i dr. Kiev, Naukova dumka, 1992. 356 s.
8. Hidrobiologiya vodoemov-ohladiteley teplovyih i atomnyih elektrostantsiy Ukrainyi / Protasov A.A., Sergeeva O.A., Kosheleva S.I., Kaftannikova O.G. i dr. Kiev, Naukova dumka, 1991. 192 s.
9. Hidrohimicheskiiy atlas SSSR / Peleshenko V.I., Zakrevskiy D.V., Gorev L.N., Hilchevskiy V.K. i dr. / Pod red. A.M. Nikanorova. Moskva, GUGK, 1990. 127 s.
10. Hidroekologicheskiiy posledstviya avarii na Chernobylskoy AES / Evtushenko N.Yu., Kuzmenko M.I., Sirenko L.A. i dr. v t.ch. Scherbak V.I. Kiev, Naukova dumka, 1992. 267 s.
11. Hidroekologiya Ukrainskogo uchastka Dunaya i sopredelnyih vodoemov / Harchenko T.A., Timchenko V.M., Kovalchuk A.A. i dr. v t.ch. Linnik P.N., Nabivanets Yu.B. Kiev, Naukova dumka, 1993. 28 s.
12. Hidroekosystemy zapovidnykh terytorii verkhnoi Prypiati v umovakh klimatichnykh zmin / Za red. V.D. Romanenka, S.O. Afanasieva, V.I. Osadchoho. Kyiv, Kafedra, 2013. S. 203–208.
13. Hidroenergetika i okruzhayushchaya sreda / Pod obsch. red. Yu. Landau, L. Sirenko. Kollektiv avtorov, v t.ch. P.N. Linnik. Kiev, Libra, 2004. 484 s.
14. Horiev L.M., Peleshenko V.I., Khilchevskiy V.K. Hidrokhimiia Ukrainy. Kyiv, Vyshcha shkola, 1995. 307 s.
15. Horiev L.M., Peleshenko V.I., Khilchevskiy V.K. Radioaktyvnist pryrodnykh vod. Kyiv, Vyshcha shkola, 1993. 174 s.
16. Derzhavni premii Ukrainy v haluzi nauky i tekhniki 2017 roku. Komitet z Derzhavnykh premii Ukrainy v haluzi nauky i tekhniki. URL: <http://www.kdpu-nt.gov.ua/>.
17. Dreysena Dreissena polymorpha (Pallas), (Bivalvia, Dreissenidae). Cistematika, ekologiya, prakticheskoe znachenie / Starobogatov Ya.I., Andreeva S.I., Biochino G.I. i dr. v t.ch. Protasov A.A. / Pod red. Ya.I. Starobogatova. Moskva, Nauka, 1994. 240 s.
18. Ekologichnyi stan kyivskykh vodoim / Afanasieva O.A., Bahatska T.S., Olianytska L.H. ta in. v t.ch. Shcherbak V.I. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 2010. 256 s.
19. Ekologichnyi stan urbanizovanykh zaplavnykh vodoim: Zatoka Osokorky / Timchenko V.M., Lynnyk P.M., Shcherbak V.I. ta in. Kyiv, IHB NAN Ukrainy, 2011. 76 s.
20. Ekologichnyi stan urbanizovanykh zaplavnykh vodoim: Ozero Vydubyske / Timchenko V.M., Lynnyk P.M., Shcherbak V.I. ta in. Kyiv, IHB NAN Ukrainy, 2007. 64 s.
21. Ekologichnyi stan vodnykh ob'ektiv urbanizovanykh terytorii: Kytaivski stavky / Lynnyk P.M., Zhezheria V.A., Batoh S.V. ta in. IHB NAN Ukrainy. Kyiv, Lohos, 2015. 76 s.
22. Zabokrytska M.R., Khilchevskiy V.K., Manchenko A.P. Hidroekologichnyi stan baseinu Zakhidnoho Buhu na terytorii Ukrainy. Kyiv, Nika-Tsentr, 2006. 184 s.
23. Kompleksna otsinka ekologichnoho stanu baseinu Dnipra / Romanenko V.D., Yevtushenko M.Iu., Lynnyk P.M. ta in. Kyiv, IHB NAN Ukrainy. 2000. 103 s.
24. Kornilovych B.Iu., Sorokin O.H., Pavlenko V.M., Koshyk Yu.I. Pryrodookhoronni tekhnologii v uranovydobuvnii ta pererobnii promyslovosti. Kyiv, Norma, 2011. 156 s.
25. Linnik P.N., Nabivanets B.I. Formy migratsii metallov v presnykh poverhnostnykh vodah. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1986. 270 s.
26. Metody hidroekologichnykh doslidzhen poverkhnevnykh vod / Arsan O.M., Davydov O.A., Diachenko T.M. ta in. v t.ch. Lynnyk P.M., Protasov O.O., Shcherbak V.I. / Za red. V.D. Romanenka. IHB NAN Ukrainy. Kyiv, Lohos, 2006. 408 s.
27. Metodika identifikatsii, otsenki i prioritezatsii istochnikov zagryazneniya vodnykh ob'ektov («goryachih tochek») v bassejne reki Dnepr / Lloyd E., Lupp M., Elion D. i dr. v t.ch. Osadchiiy V. Kiev, PoligrafKonsalting, 2004. 118 s.
28. Metodyky hidrografichnoho ta vodohospodarskoho raionuvannia terytorii Ukrainy vidpovidno do vymoh Vodnoi ramkovoï dyrektyvy Yevropeiskoho Soiuzu / Hrebin V.V., Mokin V.B., Stashuk V.A., Khilchevskiy V.K. ta in. Kyiv, Interpres, 2013. 55 s.
29. Nabivanets B.I., Linnik P.N., Kalabina L.V. Kineticheskie metody analiza prirodnykh vod. Kiev, Naukova dumka, 1981. 140 s.

30. Nabyvanets B.I., Osadchyi V.I., Osadcha N.M., Nabyvanets Yu.B. Analitichna khimiia poverkhnevyykh vod. Kyiv, Naukova dumka, 2007. 455 s.
31. Natsionalnyi atlas Ukrainy / Za red. L.H. Rudenka, M.V. Bahrova, L.M. Veklych, V.I. Osadchoho ta in. Kyiv, Kartohrafiia, 2007. 435 s.
32. Nikiforovich E.I., Fedorovskiy A.D., Prihodko N.A. Protsessyi perenosa v sistemah gaz-zhidkost. Kiev, Naukova dumka, 1988. 386 s.
33. Pro prysudzhennia Derzhavnykh premii Ukrainy v haluzi nauky i tekhniky 2017 roku / Ukaz Prezydenta Ukrainy № 138/2018 vid 19 travnia 2018 r. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/1382018-24190>.
34. Protasov A.A. Bioraznoolobrazie i ego otsenka. Kontseptualnaya diversikologiya. Kiev, IGB NAN Ukrainyi. Izd. perove, 2002. 105 s. Izd. vtoroe, 2008. 106 s.
35. Protasov A.A. Zhizn v gidrosfere. Ocherki po obschey gidrobiologii. Kiev, Akadempriodika, 2011. 704 s.
36. Protasov A.A. Presnovodnyi perifiton. Kiev, Naukova dumka, 1994. 307 s.
37. Protasov A.A., Silaeva A.A. Konturnye gruppirovki gidrobiontov v tehnoekosistemah TES i AES. Kiev, IGB NAN Ukrainyi, 2012. 274 s.
38. Osadchyi V.I., Nabyvanets B.I., Osadcha N.M., Nabyvanets Yu.B. Hidrokhimichni dovidnyk. Kyiv, Nika-Tsentr, 2008. 655 s.
39. Osadchyi V.I., Nabyvanets B.I., Lynnyk P.M., Osadcha N.M., Nabyvanets Yu.B. Protsesy formuvannia khimichnogo skladu poverkhnevyykh vod. Kyiv, Nika-Tsentr, 2013. 240 s.
40. Osadchyi V.I., Samoylenko V.N., Nabivanets Yu.B. Informatsionnyi menedzhment ekologicheskogo ozdoroveniia mezhdunarodnogo basseyna Dnepra. Kiev, Nika-Tsentr, 2004. 152 s.
41. Otsinka i napriamky zmeshennia zahroz bioriznomanittia Ukrainy / Dukin O.V., Yena A.V., Korzhniev M.M. ta in. v t.ch. Shcherbak V.I. Kyiv, Khimdzhest, 2003. 399 s.
42. Radioaktivnoe i himicheskoe zagryaznenie Dnepra i ego vodohranilisch posle avarii na Chernobyl'skoy AES / Romanenko V.D., Kuzmenko M.I., Evtushenko N.Yu. i dr. v t.ch. Linnik P.N. Kiev, Naukova dumka, 1992. Ch. 1. 194 s.
43. Rastitelnost i bakterialnoe naselenie Dnepra i ego vodohranilisch / Sirenko L.A., Korelyakova I.L., Mihaylenko L.E. i dr. v t.ch. Scherbak V.I. Kiev, Naukova dumka, 1989. 232 s.
44. Romanenko V.D., Afanasev S.A., Vasenko A.G., Osadchyi V.I. i dr. Identifikatsiya i otsenka istochnikov zagryazneniya vodnykh ob'ektov («goryachih tochek») v bassejne Dnepra na territorii Ukrain / Pod red. A.A. Galyapyi. Kiev, PoligrafKonsalting, 2003. 282 s.
45. Savitskiy V.M., Khilchevskiy V.K., Chunarov O.V. Vidkhody vyrobnytstva i spozhyvannia ta yikh vplyv na hrunt i pryrodni vody / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv, VPTs «Kyivskiy universytet», 2007. 152 s.
46. Sovremennyye problemy regionalnoy i prikladnoy gidrokhimii / Peleshenko V.I., Zakrevskiy D.V., Hilchevskiy V.K. i dr. / Pod red. A.M. Nikanorova. Leningrad, Gidrometizdat, 1988. 287 s.
47. Suchasnyi stan vodno-bolotnykh uhid rehionalnogo landshaftnogo parku «Prypiat-Stokhid» ta yikh bioriznomanittia / Kliestov M.L., Shcherbak V.I., Kovalchuk I.P. ta in. / Za red. V.I. Shcherbaka. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 2001. 108 s.
48. Tehnoekosistema AES. Gidrobiologiya, abioticheskie faktory, ekologicheskie otsenki / Protasov A.A., Semenchenko V.P., Silaeva A.A., Timchenko V.M. i dr. / Pod red. A.A. Protasova. Kiev, IGB NAN Ukrainyi, 2011. 234 s.
49. Upravlenie transgranichnyim basseynom Dnepra: subbaseyn r. Pripyat / Aliev K.A., Anufriev V.N., Afanasev S.A. i dr. v t. ch. Nabivanets Yu.B. / Pod red. A.G. Obodovskogo, A.G. Stankevicha, S.A. Afanaseva. Kiev, Kafedra, 2012. 444 s.
50. Khilchevskiy V.K. Ahrohidrokhimiia. Kyiv, VPTs «Kyivskiy universytet», 1995. 162 s.
51. Khilchevskiy V.K. Vodopostachannia i vodovidvedennia: hidroekologichni aspekty. Kyiv, VPTs «Kyivskiy universytet», 1999. 319 s.
52. Khilchevskiy V.K. Rol ahrokhimichnykh zasobiv u formuvanni yakosti vod baseinu Dnipra. Kyiv, VPTs «Kyivskiy universytet», 1996. 222 s.
53. Khilchevskiy V.K., Vynarchuk, Honchar O.M., Zabokrytska M.R. ta in. Hidrokhimiia richok Livoberezhnogo lisostepu Ukrainy / Za red. V.K. Khilchevskoho, V.A. Stashuka. Kyiv, Nika-Tsentr, 2014. 230 s.

54. *Khilchevskiy V.K., Honchar O.M., Zabokrytska M.R., Kravchynskiy R.L. ta in. Hidrokhimichniy rezhym ta yakist poverkhnevyykh vod baseinu Dnistra na terytorii Ukrainy / Za red. V.K. Khilchevskoho, V.A. Stashuka. Kyiv, Nika-Tsentr, 2013. 180 s.*
55. *Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Kravchynskiy R.L., Chunarov O.V. Osnovni zasady upravlinnia yakistiu vodnykh resursiv ta yikhnia okhorona / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv, VPTs «Kyivskiy universytet», 2015. 154 s.*
56. *Khilchevskiy V.K., Kravchynskiy R.L., Chunarov O.V. Hidrokhimichniy rezhym ta yakist vody Inhultsia v umovakh tekhnohenezu. Kyiv, Nika-Tsentr, 2012. 180 s.*
57. *Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Dubniak S.S., Savytskyi V.M., Zabokrytska M.R. Hidroekolohichniy stan baseinu richky Ros / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv, Nika-Tsentr, 2009. 115 s.*
58. *Khilchevskiy V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M. Osnovy hidrokhimii. Kyiv, Nika-Tsentr, 2012. 312 s.*
59. *Khilchevskiy V.K., Romas I.M., Romas M.I., Hrebin V.V. ta in. Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka minimalnogo stoku richok baseinu Dnipra / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv, Nika-Tsentr, 2007. 184 s.*
60. *Khilchevskiy V.K., Romas M.I., Chunarov O.V., Hrebin V.V. ta in. Hidroekolohichniy stan baseinu Horyni (v raioni Khmelnytskoi AES) / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv, Nika-Tsentr, 2011. 176 s.*
61. *Khilchevskiy V.K., Savytskyi V.M., Krasova L.A., Honchar O.M. Polovi ta laboratorni doslidzhennia khimichnogo skladu vody richky Ros / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv, VPTs «Kyivskiy universytet», 2012. 143 s.*
62. *Khilchevskiy V.K., Savytskyi V.M., Chebotko K.O. ta in. Vykorystannia osadiv stichnykh vod u silskomu hospodarstvi. Kyiv, VPTs «Kyivskiy universytet», 1997. 115 s.*
63. *Khilchevskiy V.K., Chunarov O.V., Romas M.I., Yatsiuk M.V. ta in. Vodni resursy ta yakist richkovykh vod baseinu Pivdennoho Buhu / Za red. V.K. Khilchevskoho. Kyiv, Nika-Tsentr, 2009. 183 s.*
64. *Sherstiuk N.P., Khilchevskiy V.K. Osoblyvosti hidrokhimichnykh protsesiv u tekhnohennykh ta pryrodnykh vodnykh ob'ektakh Kryvbasu. Dnipropetrovsk, Aktsent, 2012. 263 s.*
65. *Shcherbak V.I., Maistrova N.V. Fitoplankton kyivskoi dilianky Kanivskoho vodoimyshcha ta chynnyky, shcho yoho vyznachaiut. Kyiv, IHB NAN Ukrainy, 2001. 70 s.*
66. *Shcherbak V.I., Maistrova N.V., Morozova A.O., Semeniuk N.Ie. Natsionalnyi pryrodnyi park „Prypiat-Stokhid”. Riznomanittia alhoflory i hidrokhimichna kharakterystyka akvalandshaftiv / Za red. V. I. Shcherbaka. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 2011. 164 s.*
67. *Scherbak V.I., Semenyuk N.E., Rudik-Leuskaya N.Ya. Akvalandshaftnoe i biologicheskoe raznoobrazie Natsionalnogo prirodnogo parka „Nizhnesulskiy”, Ukraina / Pod red. V.I. Scherbaka. Kiev, Fitosotsiotsentr, 2014. 266 s.*
68. *Use of humic substances to remediate polluted environments: From theory to practice (I. V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn (Eds.) / Linnik P.N., Vasilchuk T.A. etc. NATO Science Series; IV: Earth and Environmental Sciences. Springer. 2005. Vol. 52. 506 pp.*
69. *Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Switzerland, Springer International Publishing, 2016. 270 pp.*

Оцінка, прогнозування та оптимізація стану водних екосистем – цикл наукових праць, удостоєний Державної премії України 2017 року

Забокрицька М.Р.

Охарактеризовано цикл наукових праць «Оцінка, прогнозування та оптимізація стану водних екосистем України», якому присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки 2017 року. Авторський колектив: Осадчий В.І., Корнілович Б.Ю., Никифорович Є.І., Лінник П.М., Протасов О.О., Щербак В.І., Хільчевський В.К., Набиванець Ю.Б. В циклі праць виділено наступні три напрямки. 1). Аналітична, експериментальна і системна гідрохімія і гідроекологія: створення хіміко-аналітичної та експериментальної бази здійснення моніторингу водних екосистем. 2). Регіональна і басейнова гідрохімія і гідроекологія: регіональні та басейнові гідрохімічні і гідроекологічні дослідження. 3). Гідроекологічний і гідробіологічний контроль природних водних екосистем і техноекосистем: розробка принципів і методологічних основ оцінки і контролю

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 3 (50)**

біотичних процесів у водних екосистемах; розробка принципів конструктивного і експлуатаційного управління техноекосистемами енергетичних об'єктів.

Ключові слова: Державна премія, цикл наукових праць, водні екосистеми, техноекосистеми, гідрохімія, гідробіологія, гідроекологія.

Оценка, прогнозирование и оптимизация состояния водных экосистем – работа, удостоенная Государственной премии Украины 2017 года

Забокрицкая М.Р.

Охарактеризован цикл научных работ «Оценка, прогнозирование и оптимизация состояния водных экосистем Украины», которому присуждена Государственная премия Украины в области науки и техники 2017 года. Авторский коллектив: Осадчий В.И., Корнилович Б.Ю., Никифорович Е.И., Линник П.Н., Протасов А.А., Щербак В.И., Хильчевский В.К., Набиванец Ю.Б. В цикле работ выделено три направления. 1). Аналитическая, экспериментальная и системная гидрохимия и гидроэкология: создание химико-аналитической и экспериментальной базы осуществления мониторинга водных экосистем. 2). Региональная и бассейновая гидрохимия и гидроэкология: региональные и бассейновые гидрохимические и гидроэкологические исследования. 3). Гидроэкологический и гидробиологический контроль природных водных экосистем и техноекосистем: разработка принципов и методологических основ оценки и контроля биотических процессов в водных экосистемах; разработка принципов конструктивного и эксплуатационного управления техноекосистемами энергетических объектов.

Ключевые слова: Государственная премия, цикл научных работ, водные экосистемы, техноекосистемы, гидрохимия, гидробиология, гидроэкология.

Assessment, forecasting and optimization of the state of water ecosystems - work awarded the State Prize of Ukraine in 2017

Zabokrytska M.R.

The cycle of scientific works "Assessment, Forecasting and Optimization of the State of Water Ecosystems of Ukraine", which was awarded the State Prize of Ukraine in Science and Technology in 2017, is characterized. Author's collective: V.I. Osadchyi, B.Yu. Kornilovych, E.I. Nykyforovych, P.N. Lynnyk, A.A. Protasov, V.I. Shcherbak, V.K. Khilchevskiy, Yu.B. Nabyvanets. Three directions are singled out. 1). Analytical, experimental and systemic hydrochemistry and hydroecology: the creation of a chemical-analytical and experimental base for monitoring water ecosystems. 2). Regional and basin hydrochemistry and hydroecology: regional and basin hydrochemical and hydroecological studies. 3). Hydroecological and hydrobiological control of natural aquatic ecosystems and technical systems: development of principles and methodological bases for assessment and control of biotic processes in aquatic ecosystems; development of the principles of constructive and operational management of techno-ecological systems of power facilities.

Keywords: cycle of scientific works, aquatic ecosystems, technoecosystems, hydrochemistry, hydrobiology, hydroecology.

Надійшла до редколегії 05.09.2018

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

з урахуванням вимог нормативних документів ВАК України: Постанови ВАК України за №7-05/1 від 15 січня 2003 р., Наказу ВАК України №63 від 26 січня 2008 р. та Наказу ВАК України № 30 від 24 січня 2009 р.

Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” запланований до чотирьох випусків на рік. Він є міжвідомчим, готується до видання на базі кафедри гідрології та гідроекології та науково-дослідної лабораторії гідроекології та гідрохімії географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, а також Комісії з гідрології та гідроекології Українського географічного товариства. Наказом Міністерства освіти і науки України № 515 від 16.05.2016 р. включено до переліку наукових фахових видань України за галуззю «Географічні науки»..

Наукова тематика збірника визначена його назвою і є досить широкою. Вона охоплює, насамперед, такі питання: теоретичні та експериментальні гідрологічні, гідрохімічні та гідроекологічні дослідження водних об'єктів; оцінка впливу господарської діяльності на гідрологічний і гідрохімічний режим та якість природних вод; аналіз катастрофічних гідрологічних явищ на водних об'єктах, методи їх прогнозування та попередження; раціональне використання та охорона водних ресурсів, якість питної води; водні меліорації; моніторинг забруднення природних вод; методи спостережень, методи хімічного аналізу природних вод, гідробіологічні аспекти стану природних вод; географічні аспекти гідрологічних досліджень.

Редакційна колегія приймає матеріали та інформацію про діяльність відомих вчених в області гідрології, гідрохімії та гідроекології, які будуть присвячені їх ювілейним датам, матеріали про фахові конференції, що відбулися в Україні і за кордоном, анотації монографій і навчально-методичних видань.

Редакційна колегія просить звернути увагу авторів статей на Постанову ВАК України “Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України” за №7-05/1 від 15 січня 2003 р. Зокрема, на пункти 3 і 4 цієї Постанови:

“3. Редакційним колегіям організувати належне рецензування та ретельний відбір статей до друку. Зобов'язати їх приймати до друку у виданнях, що виходитимуть у 2003 році та у подальші роки, лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: *постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.*

4. Спеціалізованим ученим радам при прийомі до захисту дисертаційних робіт *зарахувати статті*, подані до друку, починаючи з лютого 2003 р., як фахові лише за умови дотримання вимог до них, викладених у п.3 даної постанови”.

Відповідно до постанови ВАК України статті повинні мати такі чітко означені в тексті структурні елементи:

Вступ (*постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями*);

Вихідні передумови (*аналіз останніх досліджень і публікацій*);

Формулювання цілей статті, постановка завдання;

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому науковому напрямі;

Список літератури (7-10 джерел, в т. ч. інтернет-джерел, оформлених згідно з **ДСТУ 8302:2015** «Інформація та документація. Бібліографічне посилання...»). Посилання на джерела у тексті подаються у квадратних дужках із зазначенням порядкового номера і використаних сторінок.

Мова публікацій – українська. Можуть бути статті російською та іншими іноземними мовами. Текст повинен бути відредагованим і оформленим без помилок.

Для одноосібних статей, поданих студентами, аспірантами, здобувачами обов'язковим є відгук наукового керівника.

Автори несуть повну відповідальність за зміст і достовірність викладених у статті матеріалів. Редколегія залишає за собою право відхилення статей, що не відповідають вимогам до наукових публікацій або у разі негативних рецензій.

Статті обсягом **5-10 сторінок** (разом із анотаціями, таблицями, рисунками (рисунки чорно-білі) та списком літератури) необхідно надсилати на адресу редколегії у **електронному вигляді** (з назвою файлу – прізвище автора латинськими літерами), а також у роздрукованому вигляді у 2-х примірниках (для рецензування), один – із підписами авторів; другий – копія першого без підпису. **Шрифт Arial, кегль 12, Word 6-8. Поля всі по 2.5 см; інтервал – 1, абзац – 1,00.**

Подані до збірника рукописи, обсягом **менше 5 сторінок**, а також ті, що не мають відповідної рубрикації, будуть розміщуватись у розділі **"Наукові повідомлення"**.

Необхідно мати на увазі, що 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).

Зразок оформлення статті (обов'язково ставити УДК, дотримуватися виділення шрифту і абзаців):

УДК 551.49

(кегель 12)

Петренко М.І.

(кегель 12, напівжирний, нахилений)

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

(кегель 11, нахилений)

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ БАСЕЙНУ ДНІПРА (кегель 12, напівжирний)

Ключові слова: не більше 5 слів чи словосполучень (кегель 11, нахилений)

Далі через інтервал починається текст статті (кегель 12). Усі підписи до рисунків та таблиці виконуються кеглем 11.

Кожна стаття супроводжується 2-ма списками літератури:

- 1). Список літератури оригінальний.
- 2). Список літератури транслітерований латиницею (із заголовком References).

Список літератури. Після основного тексту статті (висновків) через один інтервал розташовується підзаголовок "Список літератури" (кегель 11, напівжирний), а потім власне перелік джерел (також кегль 11). Список літератури має бути оформлений згідно вимог **ДСТУ 8302:2015** «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» чинний від 2016-07-01.

References. Після оригінального списку літератури через один інтервал додається транслітерований латиницею список літератури із заголовком «References». Сайт з програмою транслітерації україномовного тексту на латиницю: <http://litopys.org.ua>. Сайт з програмою транслітерації російськомовного тексту на латиницю: <http://www.translit.ru>.

Після "Списку літератури" та «References» через один інтервал через інтервал – **анотації** українською, російською і англійською мовами, що **додаються за схемою:**

- 1) **назва статті** (кегель 10, напівжирний) , **прізвище та ініціали автора(ів)** (кегель 10, напівжирний, нахилений);
- 2) **короткий текст анотації українською, російською та розширений – англійською (2000 знаків без пробілів)** (кегель 10, нахилений);
- 3) **ключові слова** (до 5 слів чи словосполучень), розділених крапкою з комою (кегель 10, нахилений).

Крім того, до статті додається **реферат**, 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, Луги 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

Також до статті додаються **відомості про авторів** згідно зразка:

Прізвище, ім'я, по батькові;

Науковий ступінь та вчене звання;

Місце роботи;

Посада;

Службова адреса;

Контактний телефон,

E-mail.

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Науковий збірник

2018 рік

№ 3 (50)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – Москаленко С.О.

Підписано до друку 20.10.2018
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Arial. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 300 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