

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
№ 1 (56)

Київ

2020

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. 2020. № 1 (56). 124 с.

HIDROLOHIIA, HIDROKHIIMIIA I HIDROEKOLOHIIA:

The scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2020. № 1(56). 124 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 № 23968-13808ПР від 11 травня 2019 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
(7 лютого 2020 р., протокол № 7)*

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, 2020

ISSN:2306-5680 Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2020. № 1 (56)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

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

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

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

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

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

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

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

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

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

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

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

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

З М І С Т

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Хильчевский В.К., Курило С.М.

Исследование трансформации химического состава поверхностных вод с использованием модернизированной классификации Алекина 6

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Овчарук В.А., Іващенко С.В.

Регіональна методика для визначення максимального стоку весняного водопілля річок суббасейну р.Десна в умовах змін клімату 15

Москаленко С.О., Бесараб Ю. С. , Лук'янець О.І.

Максимальний стік води річок басейнів Пруту і Сірету в межах України та його багаторічна просторово-часова мінливість 25

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Осипенко В.П., Морозова А.О.

Внутрішньорічний розподіл органічних та біогенних речовин у воді озера Вербного (м. Київ) 41

Клоченко П.Д., Горбунова З.Н., Шевченко Т.Ф., Вітовецька Т.В.

Неорганічні та органічні речовини у водоймах дендрологічного парку "Олександрія" (м. Біла Церква) 48

Морозова А.О.

Екологічна характеристика р. Південний Буг та Олександрівського водосховища за гідрохімічними показниками 55

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Курганевич Л. П., Шіпка М. З.

Геоекологічний стан заплавно-русового комплексу річково-басейнової системи Полтви (район басейну річки Вісла) 64

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

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

Ефективний радіус крапель в хмарах різних форм та фронтальних хмарних системах за даними супутникових спостережень у теплий період року 71

Пясецька С.І., Савчук С.В., Тимофєєв В.Є.

Побудова функції лінійного дискримінантного аналізу та її оцінка для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) на території України 82

Малицька Л.В., Балабух В.О.

Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини ХХІ ст. 94

Савчук С.В., Тимофєєв В.Є., Щеглов О.А., Артеменко В.А., Козленко І.Л.

Кореляційний зв'язок між метеорологічними величинами при екстремальних значеннях максимальної температури повітря 101

ВИЙШЛИ З ДРУКУ

Забокрицька М.Р.

«Моніторинг природних водних джерел Карпатського національного природного парку» (2019) – перша в Україні монографія про джерела 113

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника "Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія" 121

C O N T E N T S

THE GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Khilchevskyi V.K., Kurylo S.M.

A research of the transformation of the chemical composition of surface waters using the modernized classification of Alekin 6

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Ovcharuk V.A., Ivashchenko S.V.

Regional method for determination the maximum runoff of the spring flood in sub-basin the Desna River under the climate change 15

Moskalenko S.O., Besarab Yu.S., Lukianets O.I.

Maximum runoff of the rivers of the Prut and Siret basins within Ukraine and its long-term spatial and temporal variability 25

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Osypenko V.P., Morozova A.O.

Annual distribution of the organic and nutrient substances in water of the Verbne lake (Kyiv city) 41

Klochenko P.D., Gorbunova Z.N., Shevchenko T.F., Vitovetska T.V.

Inorganic and organic substances in water bodies of the "Oleksandriya" Dendrological Park (the town of Bila Tserkva) 48

Morozova A.A.

Hydrochemical characteristics p. Stryi and some of its tributaries in the summer-autumn period of observations..... 55

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

Kurhanevych L. P., Shipka M. Z.

Geoecological state of the floodplain and channel complex of the Poltava river basin (Vistula river basin region)..... 64

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

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

Drop effective radius in main cloud types and frontal cloud systems estimated by satellite observations in warm period of year 71

Pyasetskaya S.I., Savchuk S.V., Timofeev V.E.

The construction of the linear discriminant analysis function and its evaluation to determine extreme meteorological phenomena (ice deposits) in Ukraine 82

Malytska L.V., Balabukh V.O.

Possible changes of climate conditions in Ukraine to the middle of the XXI century..... 94

Savchuk S.V., Timofeev V.E., Shcheglov O.A., Artemenko V.A., Kozlenko I.L.

Correlation communication between meteorological parameters at extreme values of maximum air temperatures..... 101

PRINTED

Zabokrytska M.R.

"Regional Hydrochemistry of Ukraine" (2019) - a modern textbook on the study of the chemical composition of surface, groundwater and sea waters in the country..... 113

The presenting and official registration of the articles for the scientific periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology»..... 121

УДК 556.114

Хильчевский В.К., Курило С.М.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ АЛЕКИНА

Ключевые слова: модернизация классификации; гидрохимический режим; трансформация химического состава.

Введение. Для систематизации природных вод по химическому составу используются различные классификации: Пальмера, Штумпера, Алекина, Дурова, Щукарева, Сулина, Никольской, Александрова, Валяшко и другие [1, 2, 8,9]. Определяющими факторами в этих классификациях выступают: значение минерализации воды, преобладающий компонент или их группа, соотношение между величинами концентраций разных ионов, наличие повышенного количества отдельных специфических компонентов газового или солевого состава. Известны попытки классифицировать воды в соответствии с общими условиями, по которым формируется их химический состав, а также по гидрохимическому режиму водных объектов. Развитие гидрохимических исследований на современном этапе побуждает к модернизации и углублению уже существующих классификаций природных вод. Особенно это касается их использования для исследования трансформации химического состава поверхностных вод за многолетние периоды наблюдений.

Классификация химического состава природных вод Алекина (базовая). Увеличение использования природных вод в разных отраслях экономики в XX в. обусловило углубление дифференциации гидрохимических исследований. Одним из ее проявлений было разделение природных вод на определенные группы в зависимости от наличия и соотношения в них разных ионов. То есть, создание гидрохимических классификаций природных вод.

Среди классификаций природных вод по химическому составу наиболее широко применяется к поверхностным водам классификация Алекина - по преобладающим анионам и катионам [1]. В ее основу положены два принципа: преобладающих ионов и соотношений между ионами. Преобладающими считаются ионы с наивысшим относительным содержанием в процентах с пересчетом на количество вещества эквивалента. Все природные воды по преобладающим анионам разделяются на три класса: гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные. По ним определяют в общих чертах гидрохимическую характеристику воды. Каждый класс разделяется по преобладающим катионам на три группы вод – кальциевую, магниевую и натриевую, каждая группа – на четыре типа вод, которые предопределяются соотношениями между ионами в эквивалентах.

Классы, группы и типы, отражаются соответствующими символами. Класс - анионами: C – HCO_3^- , S – SO_4^{2-} , Cl – Cl^- ; группа - катионами: Na, Ca, Mg; тип - римскими цифрами (I-IV). Символы записываются таким образом: C_I^{Ca} (гидрокарбонатный класс, группа кальция, тип первый); $\text{S}_{II}^{\text{Mg}}$ (сульфатный класс,

группа магния, тип второй) или для более сложного случая – $\text{SCl}_{III}^{\text{NaMg}}$ (сульфатно-хлоридный класс, группа натрия и магния, тип, третий). Второй анион или катион вводится в индекс, если его содержание не более чем на 5% в пересчете на количество вещества эквивалента уступает первому иону.

Даная классификация апробировалась при систематизации материалов наблюдений за химическим составом речных вод огромной территории прежнего Советского Союза, которые в региональном отношении характеризуются достаточно разнообразным (контрастирующим) составом (гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные). Но с помощью классификации Алекина сложно оценить в полной мере изменения в химическом составе воды за многолетний период наблюдений на реках в пределах одной или нескольких соседних физико-географических зон [10-12].

Классификация химического состава природных вод Алекина (модернизированная). Для целей углубленного исследования трансформации химического состава речных вод за многолетний период нами был предложен методический подход, который основывается на применении классификации Алекина, но усовершенствованной под сформулированную задачу. При этом, модернизация не задевает наивысшего признака – класса, а касается групп и типов, с введением нового таксона – подтипа. Впервые этот методический подход был реализован нами (В.К. Хильчевским и С.М. Курило) в 2006 г. в работе [5]. Затем он неоднократно применялся для исследований трансформации химического состава речных вод за многолетний период [4, 6, 7].

Принципы, использованные для усовершенствования классификации, заключаются в следующем (табл. 1).

Во-первых, для детального отображения изменения химического состава воды на уровне групп по преобладающим катионам предлагается вводить второй катион, когда его содержимое в пересчете на количество вещества эквивалента выше 25%, если брать суммы эквивалентных анионов и катионов по 100% (например, $\text{C}_{CaMg}^{\text{CaMg}}$).

Во-вторых, для отображения количественных изменений классообразующих анионов в химическом составе природных вод предлагается во всех четырех типах выделять подтипы по относительному содержанию классообразующего аниона. Это иллюстрируется путем добавления к символу типа (римская цифра) буквенного индекса (например, $\text{C}_{Ia}^{\text{CaMg}}$ – гидрокарбонатный класс, кальциево-магниевая группа, тип первый, подтип а). Соответственно, по содержанию классообразующего аниона, первый (I), второй (II) и третий (III) типы природных вод делятся на три подтипа (a, b, c):

I_a, II_a, III_a - если содержание классообразующего аниона является большим 75% в пересчете на количество вещества эквивалента;

I_b, II_b, III_b - если содержание классообразующего аниона составляет 50 - 75% в пересчете на количество вещества эквивалента;

I_c, II_c, III_c - если содержание классообразующего аниона составляет менее 50 % в пересчете на количество вещества эквивалента.

Четвертый тип природных вод делится на два подтипа (a, b):

IV_a - если содержание классообразующего аниона является большим 75% в пересчете на количество вещества эквивалента

IV_b - если содержание классообразующего аниона является меньшим 75% в пересчете на количество вещества эквивалента.

Таблица 1. Схематическое изображение модернизированной классификации природных вод Алекина по преобладающим анионам и катионам (модернизация, предложенная В.К. Хильчевским и С.М. Курило, 2006)

ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ																								
Признак	Сульфатные - S												Хлоридные - Cl											
Классы	Гидрокарбонатные - C								Na				Mg				Ca							
Группы	Ca				Mg				Na				Ca				Mg				Na			
Типы	I	II	III	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Подтипы	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	
	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	

Таким образом, выстраивается следующая последовательность признаков по модернизированной классификации природных вод Алекина.

Классы:

- 1). Гидрокарбонатные – С.
- 2). Сульфатные – S.
- 3). Хлоридные – Cl.

Группы:

- 1). Кальциевые – Ca.
- 2). Магниевого - Mg.
- 3). Натриевые - Na.

Типы:

- I. $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$.
- II. $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$.
- III. $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$.
- IV. $\text{HCO}_3^- = 0$.

Подтипы (по содержанию классообразующего аниона - HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl):

- 1). *a* - > 75%.
- 2). *b* - 50-75%.
- 3). *c* - < 50 %.

Такое дополнение к базовой классификации позволяют отображать химический состав речных вод на качественно новом уровне (табл. 2). Также апробировалось применение модернизированной классификации к другим типам природных вод – подземным и атмосферным.

Таблица 2. Примеры использования модернизированной классификации Алекина для отображения химического состава речных вод

Место отбора пробы	Дата отбора пробы воды	Формула Курлова, % - экв.	Классификация Алекина (базовая)	Классификация Алекина (модернизированная)
Речные воды				
р. Удай – г. Прилуки	12.02.1959	$\frac{\text{HCO}_3}{97} \frac{\text{SO}_4}{2} \frac{\text{Cl}}{1}$ Ca58 Mg34 (Na+K)8	C _I Ca	C _{Ia} CaMg
р. Удай – г. Прилуки	09.04.1964	$\frac{\text{HCO}_3}{73} \frac{\text{SO}_4}{18} \frac{\text{Cl}}{9}$ Ca42 (Na+K)31 Mg27	C _I Ca	C _{Ib} CaNaMg
р. Турия – г. Ковель	23.10.1960	$\frac{\text{HCO}_3}{91} \frac{\text{SO}_4}{7} \frac{\text{Cl}}{2}$ Ca54 Mg41 (Na+K)5	C _{II} Ca	C _{IIa} CaMg
р. Турия – г. Ковель	15.09.1987	$\frac{\text{HCO}_3}{69} \frac{\text{Cl}}{17} \frac{\text{SO}_4}{14}$ Ca48 (Na+K)28 Mg24	C _{II} Ca	C _{IIb} CaNa
Подземные воды				
Скважина завода «Арсенал», г. Киев	2002	$\frac{\text{HCO}_3}{85} \frac{\text{Cl}}{10} \frac{\text{SO}_4}{5}$ Ca41 (Na+K)30 Mg29	C _I Ca	C _{Ia} CaNaMg
Скважина завода «Арсенал», г. Киев	2018	$\frac{\text{HCO}_3}{82} \frac{\text{Cl}}{11} \frac{\text{SO}_4}{7}$ Ca38 Mg32 (Na+K)30	C _I Ca	C _{Ia} CaMgNa
Атмосферные осадки				
Метеостанция «Тетерев»	1984	$\frac{\text{SO}_4}{75} \frac{\text{HCO}_3}{20} \frac{\text{Cl}}{5}$ Mg50 Ca40 (Na+K)10	S _{II} Mg	S _{IIb} MgCa
Метеостанция «Тетерев»	2015	$\frac{\text{HCO}_3}{55} \frac{\text{SO}_4}{40} \frac{\text{Cl}}{5}$ Mg51 Ca39 (Na+K)10	CS _{II} MgCa	CS _{IIb} MgCa

Например, проба воды р. Удай – г. Прилуки в 1959 г. по базовой классификации Алекина была гидрокарбонатного класса кальциевой группы первого типа (C_{I}^{Ca}), а по модернизированной классификации – гидрокарбонатного класса кальциево-магниевого группы первого типа подтипа *a* (C_{Ia}^{CaMg}) (см. табл. 2). Проба воды этой же реки в 1964 г. по базовой классификации остается без изменений – C_{I}^{Ca} , а по модернизированной – проявляются ощутимые изменения – C_{Ib}^{CaNaMg} (гидрокарбонатный класс кальциево-натриево-калиево-магниевого группы первого типа подтипа *b*). Подобные изменения видим и в пробах воды р. Турия – г. Ковель за 1960 г. и в 1987 г. (см. табл. 2).

Пример применения модернизированной классификации Алекина для детализированных исследований трансформации химического состава воды отдельной реки (Сула), приведен в табл. 3 и рис. 1.

За период исследований минимальная среднегодовая минерализация составила 286 мг/дм³ (1947 г), а максимальное среднегодовое значение - 1125 мг/дм³ (1992 г.). В целом среднегодовые показатели имеют устойчивую тенденцию к росту с небольшими циклическими колебаниями в пределах 3-6 летних периодов.

Для определенных периодов характерен несколько иной характер многолетних изменений показателя минерализации. На протяжении периода 1946-1979 гг. амплитуда изменения содержания растворенных минеральных веществ была незначительной. Абсолютные значения минерализации воды реки изменялись в пределах 500-750 мг / дм³.

Наиболее ощутимое увеличение минерализации в определенный период зафиксировано в период 1985-2000 гг, в течении которого абсолютные величины этого показателя достигли 900-1125 мг/дм³.

В период 2000-2015 гг. наблюдается определенная стабилизация гидрохимического режима. В этот период значения минерализации воды реки изменялись в пределах 800-900 мг/дм³.

По среднегодовым гидрохимическим показателям речные воды характеризовались четко выраженной принадлежностью к гидрокарбонатному классу смешанного катионного состава или гидрокарбонатному классу группы кальция.

Одной из причин формирования такого состава речных вод являются особенности широко распространенных региональных почв и пород с характерными солонцеватыми включениями и повышенным содержанием растворимых солей (сульфатов, хлоридов натрия и калия). Эти же факторы вызывают и резкое отличие на качественном уровне в химическом составе воды р. Сула во время различных фаз водного режима. Так, сульфатный класс воды во время весеннего половодья объясняется активным вымыванием ионов легкорастворимых солей с поверхности водосбора при формировании больших объемов поверхностного стока. А уменьшение роли ионов кальция и их замещение ионами натрия связано с уменьшением объемов весеннего половодья и соответственно доли поверхностного стока в этой фазе водного режима. Как видно из табл. 3 и рис.1, в воде р. Сула – г. Лубны за многолетний период исследований происходит уменьшение относительного эквивалентного содержания ионов HCO_3^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} вместе с относительным ростом ионов SO_4^{2-} , Cl^- и $Na^+ + K^+$ ($C_{IIa}^{CaMg} \rightarrow C_{IIb}^{CaNa}$).

Несмотря на существенные изменения относительного эквивалентного содержания главных ионов в воде Сулы за многолетний период, базовая классификация Алекина не показывает в полной мере динамику изменений химического состава воды. Вместе с этим, модернизированная классификация Алекина более четко улавливает эти изменения (табл.3, рис.1).

Таблица 3. Примеры использования модернизированной классификации Алекина для отображения изменения химического состава речных вод за многолетний период

Река-пункт	Расчетные периоды (годы)	Главные ионы, %-экв.						Классификация Алекина (базовая)	Классификация Алекина (модернизированная)
		НС	О ₃	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
Сула – г. Лубны	1946–1950	85	6	9	53	30	17	C _I ^{Ca}	C _{Ia} ^{CaMg}
	1951–1955	84	7	9	54	22	24	C _I ^{Ca}	C _{Ia} ^{Ca}
	1956–1960	86	8	6	54	29	17	C _I ^{Ca}	C _{Ia} ^{CaMg}
	1961–1965	79	12	9	53	26	21	C _{II} ^{Ca}	C _{IIa} ^{CaMg}
	1984–1990	72	11	17	45	25	30	C _I ^{Ca}	C _{Ib} ^{CaNaMg}
	1991–1995	60	18	22	34	16	50	C _I ^{Na}	C _{Ib} ^{NaCa}
	1996–2001	55	17	28	42	22	36	C _{II} ^{Ca}	C _{IIb} ^{CaNa}

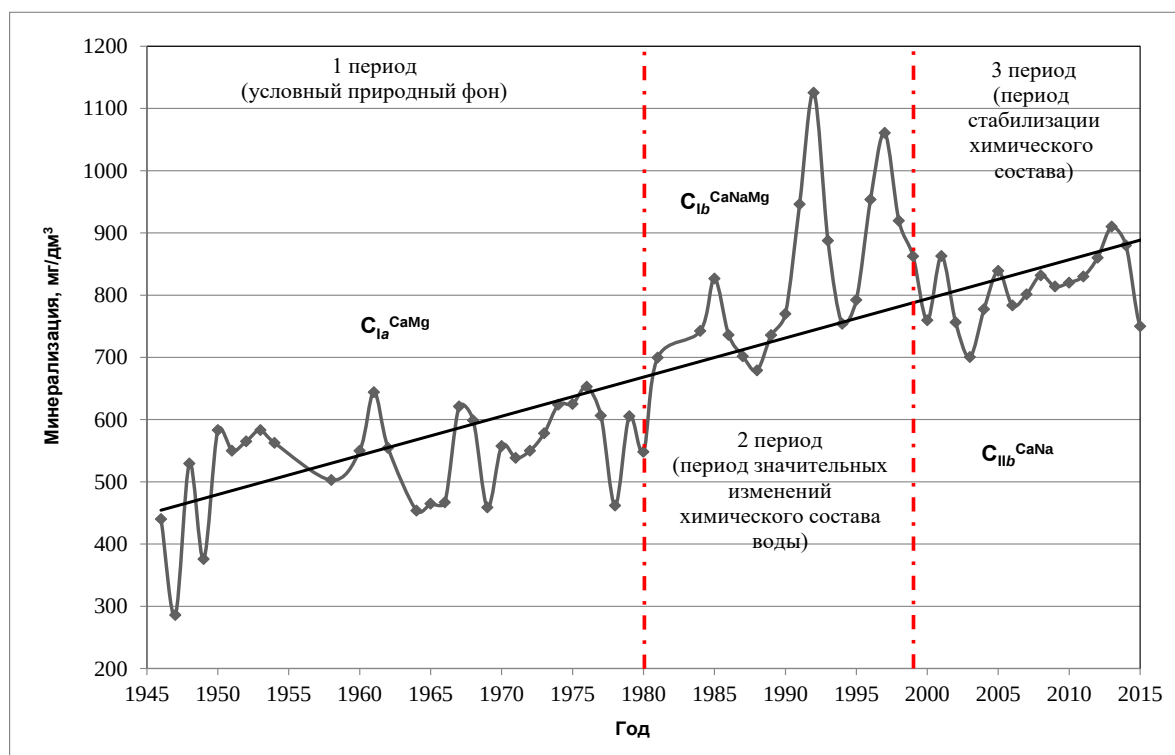


Рис. 1. Использование модернизированной классификации Алекина для отображения изменения химического состава воды р. Сула – г. Лубны, 1945-2015 гг.

Проведенные исследования изменения качественного химического состава р. Десна за период 1957-2014 гг. показали следующие трансформации, иллюстрированные с помощью модернизированной классификации Алекина: C_{IIa}^{Ca} → C_{IIb}^{CaNa} → C_{IIa}^{Ca} → C_{IIa}^{CaMg} → C_{IIa}^{Ca} → C_{IIb}^{Ca} → C_{IIa}^{Ca} [4].

Выводы.

1. Предложенные авторами дополнения к базовой классификации Алекина позволяют фиксировать динамику изменений химического состава природных вод по катионам на уровне групп, а также на более детальном уровне выявлять

количественные изменения в относительном содержании классообразующих анионов (на уровне введенных подтипов).

2. Апробация модернизированной классификации Алекина, выполненная ранее по 25 рекам бассейна Днепра, расположенным в разных физико-географических зонах, имеющих разную степень антропогенной нагрузки и общей длительности рядов наблюдений (от 40 до 60 лет), показала свою эффективность.

3. Проведенные исследования подтверждают возможность применения модернизированной классификации для оценки трансформации химического состава речных вод за многолетие.

Список литературы

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград. Гидрометеиздат, 1970. 443 с.
2. Никаноров А.М. Гидрохимия. 2-е изд. СПб. Гидрометеиздат, 2001. 444 с.
3. Хильчевський В.К. До питання про класифікацію природних вод за мінералізацією. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2003. Т. 5. С. 11-18.
4. Хильчевський В.К., Курило С.М. Аналіз багаторічної трансформації хімічного складу річкових вод України. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2014. Т. 2(33). С. 17-28.
5. Хильчевський В.К., Курило С.М. Оценка трансформации химического состава речных вод. Матеріали 4-го міжнарод. водного форуму «Aqua-Ukraine-2006». Київ. 2006. С. 59-61.
6. Хильчевський В.К., Курило С.М. Трансформация химического состава речных вод Украины в условиях изменения климата. Мат-лы междунар. научн. конф.: Проблемы обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата. Минск. 2015. С. 47-48. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/38539389.pdf>
7. Хильчевський В.К., Курило С.М., Руденко Р.В. Модернізація класифікації природних вод О.А. Алекіна для дослідження трансформації хімічного складу поверхневих вод. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2006. Т. 11. С. 32-37.
8. Хильчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основы гідрохімії. Київ. Ніка-Центр, 2012. 326 с.
9. Хильчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України. Київ. ВПЦ «Київський університет», 2019. 343 с.
10. 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. URL: <https://doi.org/10.15421/111832>
11. Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P., Zabokrytska M.R. The chemical composition of precipitation in Ukraine and its potential impact on the environment and water bodies. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2019. 28(1). P. 79-86. URL: <https://doi.org/10.15421/111909>
12. Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Sherstyuk N.P. Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on territory of Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2018. 27(2). P. 232-243. URL: <https://doi.org/10.15421/111848>

References

1. Alekin O.A. Osnovy gidrohimii [The basics of hydrochemistry]. Leningrad. Gidrometeoizdat, 1970. 443 s.
2. Nikanorov A.M. Gidrohimiya [Hydrochemistry]. 2-e izd. SPb. Gidrometeoizdat, 2001. 444 s.
3. Khilchevskiy V.K. Do pytannia pro klasyfikatsiiu pryrodnykh vod za mineralizatsiieiu [To the question of the classification of natural waters by mineralization]. Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia. 2003. T. 5. S. 11-18.
4. Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M. Analiz bahatorichnoi transformatsii khimichnoho skladu richkovykh vod Ukrainy [Analysis of long-term transformation of the chemical composition of river waters of Ukraine]. Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia. 2014. T. 2(33). S. 17-28.
5. Hilchevskij V.K., Kurilo S.M. Ocenka transformacii himicheskogo sostava rechnyh vod [Assessment of the transformation of the chemical composition of river waters]. Materialy 4-ho mizhnarod. vodnoho forumu: Aqua-Ukraine-2006. Kyiv, 2006. S. 59-61.
6. Hilchevskij V.K., Kurilo S.M. Trasformaciya himicheskogo sostava rechnyh vod Ukrainy v usloviyah izmeneniya klimata. Mat-ly mezhdunar. nauchn. konf.: Problemy obespecheniya hozyajstvennoj deyatelnosti v usloviyah izmenyayushegosya klimata. Minsk. 2015. S. 47-48. - URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/38539389.pdf>
7. Hilchevskij V.K., Kurilo S.M., Rudenko R.V. Modernizaciya klassifikacii prirodnyh vod O.A. Alekina dlya issledovaniya transformacii himicheskogo sostava poverhnostnyh vod [Modernization of the classification of natural waters O.A. Alekina to study the transformation of the chemical composition of surface

waters]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 2006. T. 11. S. 32-37. **8.** *Khilchevskiy V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M.* Osnovy hidrokhimii [The basics of hydrochemistry]. Kyiv. Nika-Tsent, 2012. 326 s. **9.** *Khilchevskiy V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M.* Rehionalna hidrokhimiiia Ukrainy [Regional hydrochemistry of Ukraine]. Kyiv. VPTs «Kyivskiyi universytet», 2019. 343 s. **10.** *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. URL: <https://doi.org/10.15421/111832> **11.** *Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P., Zabokrytska M.R.* The chemical composition of precipitation in Ukraine and its potential impact on the environment and water bodies. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. 28(1). P. 79-86. URL: <https://doi.org/10.15421/111909> **12.** *Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Sherstyuk N.P.* Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on territory of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. 27(2). P. 232-243. URL: <https://doi.org/10.15421/111848>

Дослідження трансформації хімічного складу поверхневих вод з використанням модернізованої класифікації Алекіна

Хильчевский В.К., Курило С.М.

Проаналізовано багаторічні зміни хімічного складу річкових вод України з використанням модернізованої класифікації Алекіна (модернізація запропонована В.К. Хильчевським і С.М. Курилом). Введені авторами доповнення до базової класифікації дозволяють фіксувати динаміку змін хімічного складу природних вод за катіонами на рівні груп, а також на більш детальному рівні виявляти кількісні зміни у відносному вмісті класоутворюючих аніонів (на рівні підтипів). Встановлено основні тенденції трансформації хімічного складу річкових вод України, а також їхній можливий зв'язок з глобальними кліматичними змінами.

Ключові слова: модернізація класифікації; гідрохімічний режим; трансформація хімічного складу.

Исследование трансформации химического состава поверхностных вод с использованием модернизированной классификации Алекина

Хильчевский В.К. Курило С.М.

Проанализированы многолетние изменения химического состава речных вод Украины с использованием модернизированной классификации Алекина (модернизация предложена В.К. Хильчевским и С.М. Курило). Введенные авторами дополнения к базовой классификации Алекина позволяют фиксировать динамику изменений химического состава природных вод по катионам на уровне групп, а также на более детальном уровне выявлять количественные изменения в относительном содержании классообразующих анионов (на уровне подтипов). Установлены основные тенденции трансформации химического состава речных вод Украины, а также их возможная связь с глобальными климатическими изменениями.

Ключевые слова: модернизация классификации; гидрохимический режим; трансформация химического состава.

A research of the transformation of the chemical composition of surface waters using the modernized classification of Alekin

Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M.

Climatic changes and value of anthropogenic load of watershed of the rivers can be main reasons. The article researched long-term changes in the chemical composition of rivers in Ukraine. Long-term changes in the chemical composition of the river waters of Ukraine were analyzed using the modernized Alekin classification (modernization was proposed by V.K. Khilchevskiy and S.M. Kurylo). The additions introduced by the authors to the basic classification of O.A. Alekin allow fixing the dynamics of changes in the chemical composition of natural waters by cations at the group level, as well as at a more detailed level, revealing quantitative changes in the relative content of class-forming anions (at the level of subtypes).

Taking it into account for the most relevant tasks which arise for hydrologists and hydrochemicals are considered to be determination of modern regularities of streamflow and hydrochemical regime in conditions of warming which happens and assessments of such changes for the perspective. The mineralization of water and concentration of the main ions in river waters change for many reasons. Studying has been executed on the Udaj river, Tur'ya river, Sula river. The trend of increasing salinity of river water is detection. Main changes are taking place in the spring. During period of supervisions there was growth of mineralization of water: Sula – from 440 to 1125 mg/dm³. The main factor there is an increased part of groundwater flow. In favor of this conclusion the following results of researches serve.

The special executed calculations showed dependence between part of ground flow and chemical composition of water of the rivers.

Different classifications are used to systematize natural waters by chemical composition. Attempts to classify water in accordance with the general conditions by which their chemical composition is formed are known. For analysis of long-term changes of the hydrochemical regime in different phases of the water was found and application of the classification of Alekin (modernized). Modernization does not touch the highest trait - class, but concerns groups and types, with the introduction of a new taxon - subtype. Modernization to the basic classification of Alekhin allow to fixed in detail the dynamics of changes in the chemical composition of natural waters by cations at the group level. At a detailed level, quantitative changes in the relative content of anions (at the level of proposed subtypes) can be fixed.

Verification of the modernized classification of O.A. Alekhin, made on 25 rivers of the Dnipro river basin. Rivers are located in different environmental zones, have different anthropogenic pressure and term of observations (40 - 60 years).

An attempt was made to apply the modernized classification to other types of natural waters - groundwater and atmospheric.

Keywords: *classification modernization; hydrochemical regime; chemical composition transformation.*

Надійшла до редколегії 18.12.2019

УДК 556.166

Овчарук В.А., Іващенко С.В

Одеський державний екологічний університет, м.Одеса

РЕГІОНАЛЬНА МЕТОДИКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК СУББАСЕЙНУ Р.ДЕСНА В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Ключові слова: *максимальний стік; весняне водопілля; зміни клімату, модифікована операторна модель.*

Вступ. Об'єктом дослідження є максимальний стік води весняного водопілля річок суббасейну р. Десни. Згідно сучасного гідрографічного районування України у межах 4-х районів річкових басейнів, зокрема в районі басейну річки Дніпро, виділено наступні суббасейни: суббасейни Верхнього Дніпра, Середнього Дніпра, Нижнього Дніпра і окремо суббасейни р.Пrip'ять і р.Десна [13].

Суббасейн р. Десна є цілісним його межа проходить по лінії державного кордону з Республікою Білорусь, Російською Федерацією і через населені пункти по лінії вододілу [12].

Річка Десна представляє собою найбільшу за площею водозбору ($F=88,9$ тис.км²) і другу за величиною довжини ліву притоку р. Дніпро ($L=1130$ км), стік якої формує до 20% його водного стоку. Більша частина суббасейну р.Десни розташована в межах зони мішаних лісів (Чернігівського та Новгород-Сіверського Полісся), південно-східна частина суббасейну знаходиться в межах лісостепової зони (Сумська схилово-височинна область) [1].

Характер водного режиму річок більшою мірою визначається особливостями водопілля, його тривалістю і частковою участю талих вод у річному стоці, що у свою чергу зумовлюється типом живлення річок.

У суббасейні Десни весняне водопілля починається на її притоках, які розташовані у нижній частині басейну. По мірі просування фронту сніготанення на північ (в середньому від 3 до 5 діб) сніготанення починає охоплювати весь басейн річки. На малих та середніх річках басейну у верхній та середній течії річки (р.Сейм), середні дати початку весняного водопілля припадають на другу декаду березня місяця, загалом середня тривалість водопілля складає 55-65 діб, але в роки, коли траплялись високі та інтенсивні водопілля тривалість складає 40-45 діб, під час переривчастого сніготанення може досягати від 80 до 100 діб [5].

Постановка проблеми. Наявність кліматичних змін різного масштабу на даний час відмічається у більшості країн світу. Наслідки цих змін носять різний, а іноді й суперечливий характер. Тим не менш, практично не підлягає сумніву тенденція до збільшення числа та інтенсивності небезпечних гідрометеорологічних явищ в останні десятиріччя. До числа небезпечних гідрологічних явищ відносяться, перш за все, паводки різного походження. Для рівнинної території України характерним є проходження весняного водопілля, для гірських території (Карпати та Крим) - паводків протягом року. За останні десятиліття, починаючи з 1989 року, середня річна температура повітря в межах рівнинної території України зросла на 0,8 °С [5]. Зміни кількості опадів і підвищення температури повітря, зумовлені зміною

глобального клімату в цілому, впливають на водні ресурси та динаміку їх розповсюдження.

Таким чином, при виконанні гідрологічних розрахунків, зокрема визначенні максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення, необхідно враховувати довгострокові тренди та сучасні зміни у часових рядах стокоформуючих факторів весняного водопілля. Ця проблема може бути вирішена шляхом розробки нових та удосконалення існуючих методик для визначення максимального стоку річок не охоплених стаціонарними спостереженнями на них.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Умови формування і аналіз характеристик максимального стоку весняного водопілля, терміни проходження і тривалості водопілля визивають достатньо великий інтерес у вітчизняних і закордонних вчених.

Аналізуючи публікації останніх років серед закордонних вчених, перш за все необхідно відмітити масштабне дослідження часових трендів у рядах максимального стоку річок Європи [15,16]. Згідно з цими роботами, для басейну р. Десна спостерігається стійкий тренд до більш ранніх дат сніготанення під час формування весняного водопілля та зменшення величин максимальних витрат води.

За останні десятиріччя українські вчені також досліджували особливості формування весняного водопілля на Десні, зокрема аналізу строків і динаміки проходження весняного водопілля в суббасейні р. Десни присвячені роботи [14], створенню каталогу весняних водопіль [3]. Просторовий розподіл часових характеристик формування весняного водопілля з використанням ГІС-технологій представлено в роботі [7], моделювання змін поверхневого стоку на річках України з використанням даних регіональної кліматичної моделі REMO виконане авторами [17,18], апробація сучасної процесно-орієнтованої моделі SWAT для відтворення гідрологічних процесів в басейні р. Десна представлена в роботі [19].

Що стосується розробки методик для визначення максимального стоку, то у роботі [2] представлена регіональна методика для нормування характеристик максимальних стоку весняного водопілля в басейні р. Сейм (притока суббасейну р. Десни), але вона обґрунтована на матеріалах спостережень гідрометеорологічних спостережень лише до 2000 року включно, отже на даний час потребує уточнення.

Метою дослідження є розробка регіональної методики щодо розрахунку максимального стоку весняного водопілля рідкісної ймовірності перевищення ($P=1\%$) для річок суббасейну р. Десна за допомогою використання і практичної реалізації нового варіанту розрахункової методики з врахуванням впливу можливих кліматичних змін на максимальний стік весняного водопілля на досліджуваному басейні.

Вихідні дані. Для обґрунтування основних розрахункових параметрів методики використані дані стаціонарних спостережень за гідрологічними характеристиками максимального стоку весняного водопілля (витрати води, шари стоку та тривалість водопілля) та метеорологічними чинниками його формування (максимальні снігозапаси та опади за водопілля) за період від їх початку до 2015 р. включно.

Виклад основного матеріалу дослідження. В якості розрахункової методики використаний модифікований варіант операторної моделі формування стоку, яка заснована на теорії руслових ізохрон [9] й дає можливість враховувати «кліматичні поправки» безпосередньо по максимальних снігозаписах, опадах та коефіцієнтах стоку у період водопілля.

Розрахункове рівняння для визначення максимальних модулів стоку весняного водопілля має вигляд:

$$q_p = q'_{1\%} \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F r \lambda_p k_{зм}, \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2, \quad (1)$$

де r – коефіцієнт редукції q_m під впливом озер, водосховищ, ставків проточного типу; ε_F – трансформаційна функція, яка обумовлена русло-заплавним регулюванням; $\psi(t_p / T_0)$ – трансформаційна функція, яка обумовлена часом руслового добігання; λ_p – коефіцієнт переходу від опорної 1%-ої ймовірності перевищення до будь-якої іншої; $q'_{1\%}$ – модуль схилового припливу, який розраховується за рівнянням:

$$q'_{1\%} = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} (S_m + \Sigma X)_{1\%} \eta, \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2, \quad (2)$$

де 0,28 – коефіцієнт розмірності; $(n+1)/n$ – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу до руслової мережі; T_0 – тривалість схилового припливу (у годинах); η – коефіцієнт стоку; S_m – максимальні снігозапаси до початку водопілля, мм; ΣX – кількість опадів від дати S_m до закінчення водопілля, мм; $k_{зм}$ – коефіцієнт змін клімату розраховується за формулою:

$$k_{зм} = \frac{((\bar{S}_m + \Sigma \bar{X}) \eta)_{\text{прогн.}}}{((\bar{S}_m + \Sigma \bar{X}) \eta)_{\text{сучасн.}}} \quad (3)$$

В формулі (3) осереднені за багаторічний період прогностні величини середніх максимальних снігозапасів, опадів та коефіцієнтів стоку весняного водопілля визначаються по прогностних значеннях температури і опадів за будь-яким сценарієм та моделлю на обраний розрахунковий період. Відповідні сучасні значення тих же самих величин отримані за результатами розрахунків по наявних рядах гідрометеорологічних спостережень [9].

З метою обґрунтування регіональних параметрів обраної розрахункової регіональної методики виконана статистична обробка рядів максимальних витрат води весняного водопілля, шарів стоку і максимальних запасів води у сніговому покриві, у відповідності в рекомендацію СНіП 2.01.14-83 [11], виконувалася з використанням кривих біноміального і трипараметричного гамма-розподілу по методах моментів та найбільшої правдоподібності. На базі отриманих характеристик розраховані величини стоку заданої забезпеченості ($P=1,3,5,10\%$).

Сумарне надходження води у суббасейн Десни. Оскільки модифікований варіант операторної моделі ґрунтується на використанні даних про максимальні снігозапаси на початок водопілля $\bar{S}_m$, ця характеристика узагальнена у вигляді карти (рис.1) в межах досліджуваного суббасейну. Напрямок ізоліній на отриманій карто-схемі свідчить про убуття величин максимальних снігозапасів по мірі зменшення континентальності клімату – з півночі і північного сходу (від 90 мм) на захід і південь (до 50 мм).

Однак у розрахункових формулах максимального стоку використовується загальний шар стоку води за водопілля, й отже величина $(\bar{S}_m)$ враховує не всі види надходження води на водозбір.

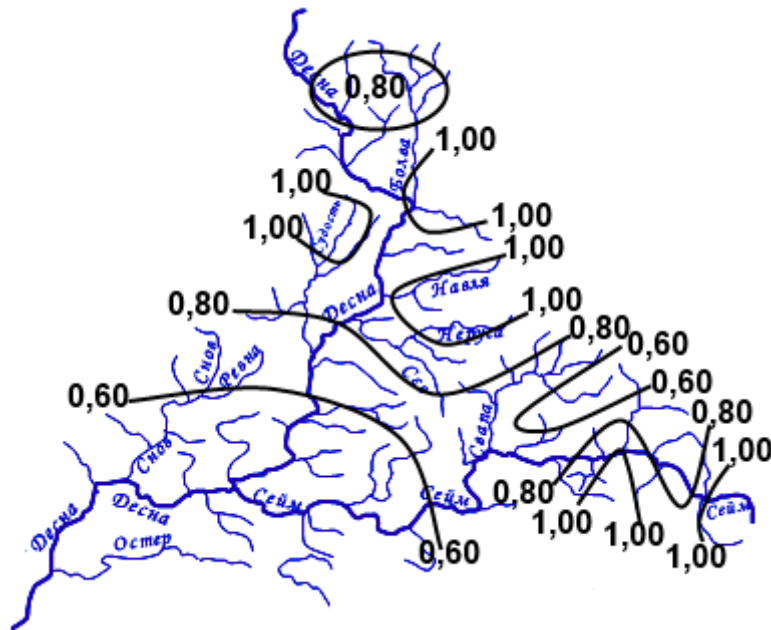


Рис. 2. Карта-схема розподілу коефіцієнта стоку η по території суббасейну р. Десна.

В розрахункових формулах максимального стоку, зазвичай використовуються такі характеристики схилового припливу, як коефіцієнти часової нерівномірності схилового припливу $(n+1)/n$ і тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі T_0 [6]. Щодо визначення тривалості схилового припливу T_0 і коефіцієнта нерівномірності схилового припливу $(n+1)/n$, то вони є не вимірювальними характеристиками, оскільки безпосереднє визначення схилової водовіддачі на сучасному рівні дослідження не проводиться. На практиці використовується метод визначення коефіцієнтів нерівномірності $(n+1)/n$ за відсутності водно балансових станцій, існує підхід представлений в [9] для визначення $(n+1)/n$, через коефіцієнти нерівномірності руслового стоку $(m+1)/m$, що розраховуються за формулою:

$$\frac{m+1}{m} = \frac{\bar{Q}_m \bar{T}_n}{\bar{Y}_m F} \cdot 86,4, \quad (7)$$

де $\bar{Q}_m$ – середньобогаторічна максимальна витрата води річкового стоку; $\bar{T}_n$ – тривалість повені; $\bar{Y}_m$ – шар стоку за період весняної повені; F – площа водозбору, в км².

Узагальнення $(m+1)/m$ по території, показало, що він інтегрально може бути відображений через площу водозбору F . Екстраполяція функції $(m+1)/m = f(F)$ на вісь ординат приводить до шуканої величини параметра по формулі:

$$\left(\frac{m+1}{m} \right)_{F=0} = \frac{n+1}{n} \quad (8)$$

Коефіцієнт нерівномірності припливу води зі схилів до руслової мережі, для досліджуваної території дорівнює $(n+1)/n=18,5$, звідки $n=0,06$.

Тривалість припливу води зі схилів визначена чисельним методом за допомогою комп'ютерної програми, яка була розроблена на кафедрі гідрології суші в Одеському державному екологічному університеті – «*Saguar T₀*».

Розрахункові значення тривалості схилового припливу в руслову мережу T_0 узагальнені у вигляді карти (рис.3), яка добре ілюструє зміну цієї характеристики по території від 100 до 200 годин, окремо виділена зона впливу карсту, де пропонується приймати значення $T_0=250$ год.

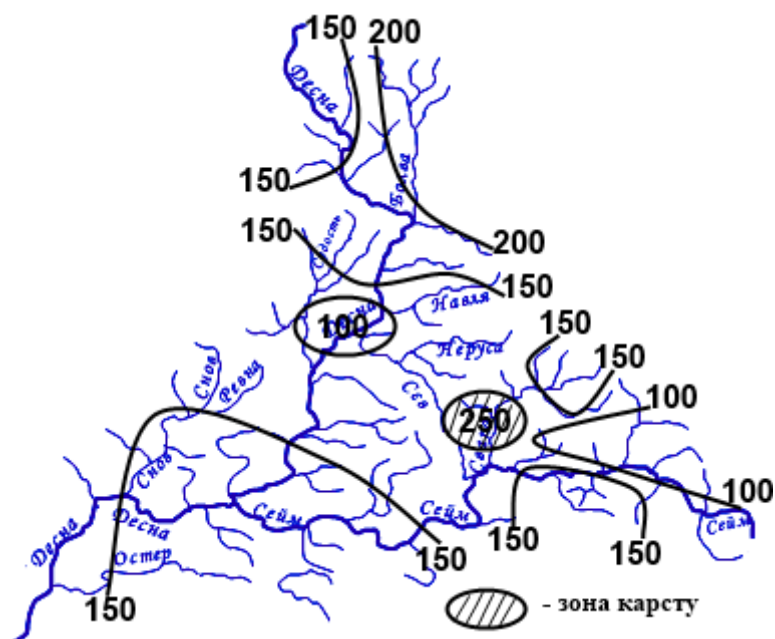


Рис. 3. Карта-схема тривалості припливу води зі схилів в руслову мережу водозбору в суббасейні річок Десни, год.

Трансформаційна функція. Одним з видів трансформації максимального модулю схилового припливу є розпластування хвилі паводку під впливом часу руслового добігання. Кількісно міра трансформації максимальних модулів під впливом часу руслового добігання визначається за допомогою функції по рівняннях в залежності від співвідношення t_p / T_0 [9]. Для всіх річок суббасейну Десни, що розглядається у даному дослідженні, характерний розвинений тип весняного стоку $t_p / T_0 < 1,0$. Отже, при $t_p < T_0$ з врахуванням $n=0,06$ та приймаючи $m_1=1,0$, запишемо рівняння трансформаційної функції $\psi(t_p / T_0)$ для річок суббасейну Десни у вигляді рівняння:

$$\psi(t_p / T_0) = 1 - 0,92 \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^{0,06}. \quad (9)$$

Вплив русло-заплавного регулювання на максимальний стік визначається за допомогою коефіцієнта, який є функцією ε_F убутного вигляду (з верхнім граничним значенням $\varepsilon_F=1,0$, при $F \rightarrow 0$) зі збільшенням водозбірної площі водозбору та

визначається оберненим шляхом з рівняння (1). Узагальнення значення ε_F по території виконано в залежності від площі водозбору F (рис.4), яка добре описується рівнянням експоненціального вигляду:

$$\varepsilon_F = e^{-0,329 \lg(F+1)}. \quad (10)$$

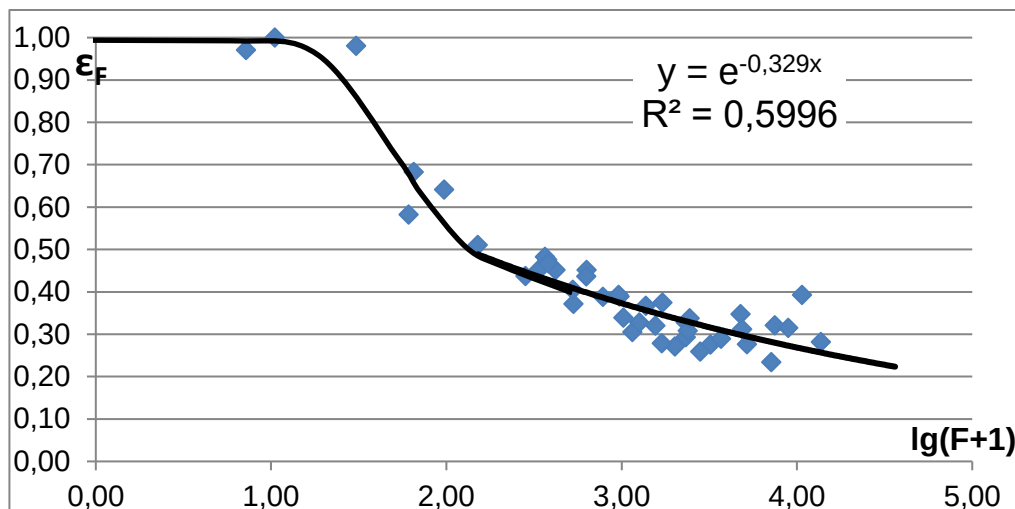


Рис. 4. Залежність коефіцієнтів русло-заплавного регулювання і водообміну від площі для водозборів річок суббасейну Десни

Для річок з площею менше $F < 100 \text{ км}^2$ для визначення коефіцієнту ε_F можна користуватися як залежністю (10), так й (табл.1).

Таблиця 1. Коефіцієнти русло-заплавного регулювання максимального модуля стоку весняного водопілля для річок суббасейну р. Десни з площею $F < 100 \text{ км}^2$

$F, \text{ км}^2$	0	10	20	30	40	50	75	100
ε_F	1,0	1,0	0,97	0,90	0,80	0,71	0,60	0,57

Визначення коефіцієнтів впливу змін клімату. Підґрунтям для сучасних досліджень проєкцій змін клімату і водних ресурсів є чотири основні сюжетні лінії СДСВ (Спеціальна доповідь про сценарії викидів, в рамках яких розглядається низка можливих змін чисельності населення і економічної активності на протязі XXI століття). Сценарії є також засобом для аналізу тих чинників, які можуть впливати на показники викидів CO_2 , а також для оцінки пов'язаних з ними невизначеностей.

Врахування можливих змін клімату виконане з використанням даних регіональної кліматичної моделі RACMO2 та сценаріїв RCP4.5 (а) і RCP8.5 (б) [10] (рис. 5).

Отримані результати, свідчать проте, що значення не суттєво відрізняються, а саме – за сценарієм RCP4.5 прогнозується зниження максимальних модулів весняного водопілля до 2050 року на рівні 5-10%, а за більш жорстким сценарієм (RCP8.5) – 10-20%.

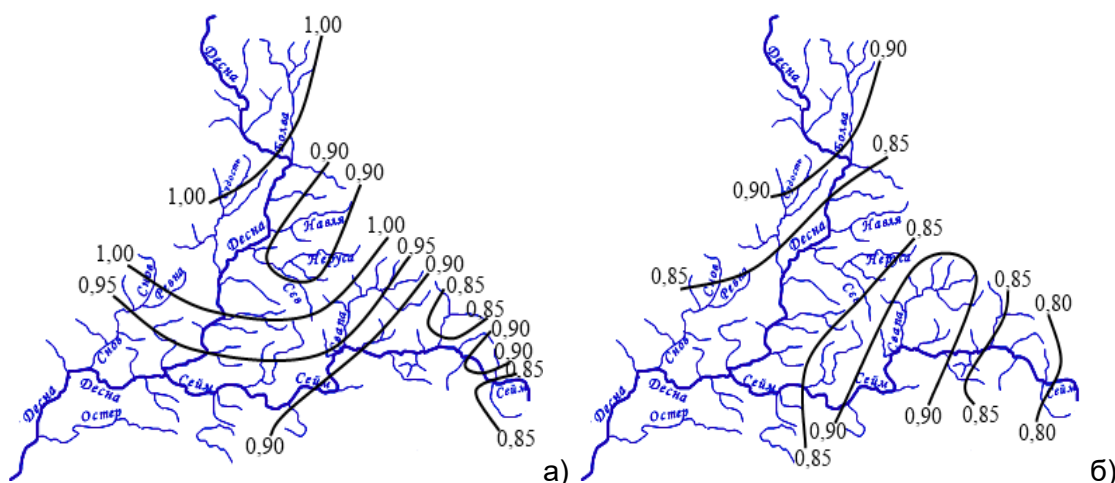


Рис.5. Розподіл коефіцієнтів впливу змін клімату k_{3M} на максимальні модулі стоку весняного водопілля $q_{1\%}$ в суббасейні р. Десна, (модель RASMO2) на період 2016 - 2050 рр. відносно даних до 2015 р.

Висновки. На основі даних сучасних спостережень розроблена регіональна модель для визначення максимальних модулів стоку рідкісної ймовірності перевищення в суббасейні р.Десни.

Всі параметри пропонованої методики обґрунтовані й представлені у вигляді розрахункових карт, залежностей та рівнянь для практичного використання при розрахунках максимального стоку для невивчених у гідрологічному відношенні річок.

Перевагою пропонованої методики є те, що в її основу покладена теорія руслових ізохрон, яка дозволяє описати природний процес формування стоку у вигляді *оператору «схиловий приплив - русловий стік»*, а також окремо враховувати можливий вплив змін клімату на максимальний стік весняного водопілля.

Точність розрахунків максимального стоку весняного водопілля з використанням модифікованої операторної методики для річок досліджуваної території суббасейну р.Десни складає ($\Delta=\pm 22,3\%$), що відповідає точності вимірювань максимальних витрат води ($\pm 20\%$) та вимогам нормативного документу СНіП 2.01-14-83, який допускає точність розрахунку для максимального стоку річок на рівні $\pm 25\%$.

Отримані результати можуть бути використані для потреб водного господарства та раціонального використання водних ресурсів суббасейну р.Десни з урахуванням мінливості характеристик максимального стоку весняного водопілля в умовах нестійкого клімату.

Список літератури

1. Атлас України / кер. проекту Л.Г.Руденко, В.С.Чабанюк, А.І.Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999-2000.
2. *Бойко В.М.* Розрахункова методика для визначення максимального весняного стоку в басейні р.Сейм: (дис. канд.геогр.наук.) : 11.00.07 / Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2003. 298 с.
3. *Горбачова Л.О., Колянчук О.В.* Каталог весняних водопіль в басейні річки Десна. Зб. наук. пр. УкрНДГМІ, 2011. Вип. 261. С. 179 -191.
4. *Горбачова Л.О., Кошкіна О.В.* Часові закономірності дат настання основних характеристик весняного водопілля в басейні річки Десна. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2013. Т. 2. С. 30-37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2013_2_5
5. *Гребінь В. В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз): монографія. Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с. ISSN:2306-5680 *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2020. № 1 (56)

6. Іващенко С.В. Максимальний стік весняного водопілля річок Чернігівського та Новгород-Сіверського Полісся Тези доповідей Шевченківської весни - 2017. Географія. К.:Прінт Сервіс, 2017. Випуск XV. С. 45-48. 7. Кошкіна О.В., Глотка Д.В. Просторовий розподіл гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля в басейні р. Десна з використанням ГІС. 36. наук. пр. УкрНДГМІ, 2013. Вип. 264. С. 64-71. 8. Овчарук В.А., Голченко Є.Д., Семенова І.Г. Науково-методичні підходи до врахування глобальних змін клімату при розрахунках максимального стоку річок // Вісник Одеського державного екологічного університету. Вип.14. Одеса: ТЕС, 2012. С.141–150. 9. Овчарук В.А., Голченко Є.Д. Сучасна методика нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок України // Український географічний журнал. 2018. Вип.2. С.26-33. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.026>. 10. Овчарук В.А., Іващенко С.В. Практична реалізація модифікованої операторної моделі для визначення максимального стоку весняного водопілля в суббасейні р. Десни // Тези доповідей VII Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології», присвяченої 100-річчю від дня заснування Національної академії наук України, 13-14 листопада 2018 р., м. Київ, 2018. С. 39-40. 11. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 450 с. 12. Про затвердження меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок / Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 03.03.2017 № 103. 13. Khilchevsky V.K., Grebin V.V., Sherstyuk N.P. Modern hydrographic and water management zoning of Ukraine's territory – Implementation of the WFD-2000/60/EC// Electronic book with full papers XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Bases of Water Management. Kyiv.-2019. pp.209-223. 14. Чорноморець Ю.О., Фріндт К.Т. Багаторічна динаміка термінів проходження весняного водопілля на річках басейну Десни. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 2(19). С. 94-105. 15. Blöschl, G. et al. (2017). Changing climate shifts timing of European floods. Science. Vol. 357, Issue 6351, 588-590. DOI: 10.1126/science.aan2506. 16. Blöschl, G. et al. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature.Vol. 573, p.108–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6> 17. Краковська С. В., Гнатюк Н. В. Зміни поверхневого річкового стоку в Україні до 2050 р. за проекцією регіональної кліматичної моделі Ремо. Геоінформатика, 2013. № 3. С. 76-81. 18. Регіональні зміни клімату України : Методичні вказівки до навчального курсу для студентів географічного факультету спеціальності «Метеорологія та кліматологія» / укл. Л. В. Паламарчук, С. В. Краковська. К. : Прінт-Сервіс, 2018. 90 с. 19. Осипов В.В, Осадча Н.М., Слепа О.С. Моделювання гідрологічних процесів басейну річки Десна засобами SWAT (SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL) / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Київ : Ніка-Центр, 2019. С.122-131.

References

1. Atlas Ukrainy / ker. proektu L.H.Rudenko, V.S.Chabaniuk, A.I.Bochkovska / Instytut heohrafii Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy i Tovarystvo z obmezhenoiu vidpovidalnistiu «Intelektualni systemy HEO», Intelektualni Systemy HEO, 1999 - 2000. 2. Boiko V.M. Rozrakhunkova metodyka dlia vyznachennia maksymalnoho vesnianoho stoku v baseini r.Seim.: (dys. kand.heohr.nauk.): 11.00.07 / Odeskyi derzhavnyi ekolohichnyi universytet. Odesa, 2003. 298 s. 3. Horbachova L.O., Kolianchuk O.V. Katalog vesnianykh vodopil v baseini richky Desna. Zb. nauk. pr. UkrNDHMI. 2011. Vyp. 261. S. 179 -191. 4. Horbachova L.O., Koshkina O.V. Chasovi zakonomirnosti dat nastannia osnovnykh kharakterystyk vesnianoho vodopillia v baseini richky Desna. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2013. T. 2. S. 30-37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2013_2_5 5. Hrebin V. V. Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohiichnyi analiz): monohrafiia. Kyiv: Nika-Tsentr, 2010. 316 s. 6. Ivashchenko S.V. Maksymalni stik vesnianoho vodopillia richok Chernihivskoho ta Novhorod-Siverskoho Polissia. Tezy dopovidei Shevchenkivskoi vesny - 2017. Heohrafiia :K.:Print Cervis, 2017. Vypusk KhV. S. 45-48. 7. Koshkina O.V., Hlotka D.V. Prostorovy rozpodil hidrometeorolohichnykh kharakterystyk vesnianoho vodopillia v baseini r.Desna z vykorystanniam HIS. Zb. nauk. pr. UkrNDHMI. 2013. Vyp. 264. S. 64-71. 8. Ovcharuk V.A., Hopchenko Ye.D, Semenova I.H. Naukovo-metodychni pidkhody do vrakhuvannia hlobalnykh zmin klimatu pry rozrakhunkakh maksymalnoho stoku richok // Visnyk Odeskoho derzhavnoho ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 1 (56)

ekolohichnoho universytetu. Vyp.14. Odesa: TES, 2012. S.141– 150. **9.** Ovcharuk V.A., Hopchenko Ye.D. Suchasna metodyka normuvannia kharakterystyk maksimalnogo stoku vesnianoho vodopillia rivnyynykh richok Ukrainy // Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal. 2018. Vyp.2. S.26-33. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.026> **10.** Ovcharuk V.A., Ivashchenko S.V. Praktychna realizatsiia modyfikovanoi operatornoi modeli dlia vyznachennia maksimalnogo stoku vesnianoho vodopillia v subbaseini r. Desny // Tezy dopovidei VII Vseukrainskoi naukovoï konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu «Problemy hidrolohii, hidrokhimii, hidroekolohii», prysviachenoï 100-richchiu vid dnia zasnuvannia Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy, 13-14 lystopada 2018 r., m. Kyiv, 2018. S. 39-40. **11.** Posobie po opredeleniju raschjotnykh gidrologicheskikh harakteristik. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 450 s. **12.** Pro zatverdzhennia mezh raioniv richkovykh baseiniv, subbaseiniv ta vodohospodarskykh dilianok / Nakaz Ministerstva ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 03.03.2017 № 103. **13.** Khilchevsky V.K., Grebin V.V., Sherstyuk N.P. Modern hydrographic and water management zoning of Ukraine's territory – Implementation of the WFD-2000/60/EC// Electronic book with full papers XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Bases of Water Management. Kyiv.2019. pp.209-223. **14.** Chornomorets Yu.O., Frindt K.T. Bahatorichna dynamika terminiv prokhodzhennia vesnianoho vodopillia na richkakh baseinu Desny. Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekolohii. 2010. T. 2(19). S. 94-105. **15.** Blöschl, G. et al. (2017). Changing climate shifts timing of European floods. Science. Vol. 357, Issue 6351, 588-590. DOI: 10.1126/science.aan2506 **16.** Blöschl, G. et al. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature.Vol. 573, p.108–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6> **17.** Krakovska S. V., Hnatiuk N. V. Zminy poverkhnevoho richkovoho stoku v Ukraini do 2050 r. za proektsiieiu rehionalnoi klimatychnoi modeli Remo Heoinformatyka, 2013. № 3. S. 76-81. **18.** Rehionalni zminy klimatu Ukrainy : Metodychni vkazivky do navchalnogo kursu dlia studentiv heohrafichnoho fakultetu spetsialnosti «Meteorolohii ta klimatolohii» / ukl. L. V. Palamarchuk, S. V. Krakovska. K. : Print-Servis, 2018. 90 s. **19.** Osypov V.V, Osadcha N.M., Speka O.S. Modeliuvannia hidrolohichnykh protsesiv basejnu richky Desna zasobamy SVAT (SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL) / Problemy hidrolohii, hidrokhimii, hidroekolohii. Kyiv : Nika-Tsentr, 2019. S.122-131.

Регіональна методика для визначення максимального стоку весняного водопілля річок суббасейну р.Десна в умовах змін клімату

Овчарук В.А., Іващенко С.В

У статті представлені результати розробки регіональної методики для розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля рідкісної ймовірності перевищення для річок суббасейну р. Десна. Для розробки методики авторами використаний модифікований варіант операторної моделі розрахунку характеристик весняного водопілля, який включає в себе гідрологічні вихідні дані по максимальному стоку весняного водопілля (максимальні строкові витрати води, шари стоку, тривалість водопілля) та дані метеорологічних вимірювань (максимальні запаси води в сніговому покриві та опади за період проходження водопілля).

Ключові слова: максимальний стік; весняне водопілля; зміни клімату; модифікована операторна модель.

Региональная методика для определения максимального стока весеннего половодья рек суббасейна Десна в условиях изменений климата

Овчарук В.А., Иващенко С.В.

В статье представлены результаты разработки региональной методики для расчета характеристик максимального стока весеннего половодья редкой вероятности превышения для рек суббасейна Десны. Для разработки методики авторами был использован модифицированный вариант операторной модели расчета характеристик весеннего половодья, который включает в себя гидрологические исходные данные по максимальному стоку весеннего половодья (максимальные срочные расходы воды, слои стока, продолжительность половодья) и данные метеорологических измерений (максимальные запасы воды в снежном покрове и осадки за период прохождения половодья).

Ключевые слова: максимальный сток; весеннее половодье; изменения климата; модифицированная операторная модель.

Regional method for determination the maximum runoff of the spring flood in sub-basin the Desna River under the climate change

Ovcharuk V.A., Ivashchenko S.V.

The results of development of the regional methodology for calculating the maximum water runoff of the rare probability of exceedance for the rivers of the sub-basin the Desna River under the conditions of modern climate change are presented.

As basic for calculation authors used a modern modified version of the operator model of runoff formation developed at the Odessa State Environmental University to determine the characteristics of spring flood, which allows taking into account the influence of climate change on the calculated characteristics of the maximal runoff modules. The advantage of the proposed method is that it is based on the theory of channel isochrones, which allows describing the natural process of formation of runoff in the form of the operator "slope tide - channel runoff".

To substantiate the basic calculation parameters of the author's methodology, was used the data of direct observations on the hydrological characteristics of the maximum waterrunoff of the spring flood (water discharges, depth of runoff and duration of the influx) and meteorological factors of its formation (maximum snow supply and precipitation during spring flood) for the period since its beginning to 2015, including.

In the process of standardization of the main components of the proposed methodology, methods of statistical processing, spatial generalization, numerical problem solving and mathematical modeling were used.

To account for possible climate change, the original author's scientific and methodological approach is proposed, which is to determine "climate corrections" on the basis of modern baseline data - maximum of the water snow supply and precipitation during spring flood and runoff coefficients of the water, taking into account their dependence from long-term annual air temperatures that are projected according to the developed climate models and scenarios.

The modified version of the operator model is proposed to be used as a regional calculation technique for determining maximum runoff modules of the rare probability of exceeding for ungauged rivers in the Desna sub-basin during the passage of the spring flood.

Keywords: maximum runoff; spring flood; climate change; modified version of the operator model.

Надійшла до редколегії 27.12.2019

УДК 556.166

Москаленко С.О., Бесараб Ю.С., Лук'янець О.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МАКСИМАЛЬНИЙ СТІК ВОДИ РІЧОК БАСЕЙНІВ ПРУТУ І СІРЕТУ В МЕЖАХ УКРАЇНИ ТА ЙОГО БАГАТОРІЧНА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ

Ключові слова: річки басейну Пруту та Сірету; максимальний стік; максимальні строкові та середньодобові витрати води; однорідність часових рядів; статистичні параметри; багаторічна просторово-часова мінливість; сумарні та різницеві інтегральні криві; ковзне осереднення.

Вступ. Максимальний стік води річок відноситься до числа важливіших екстремальних режимних характеристик річкового стоку води річок, який може обумовити різні прояви катастрофічних ситуацій (затоплення територій, населених пунктів, руйнування мостів, будівель, гідротехнічних споруд, тощо). Високі підйоми рівнів води та відповідне збільшення витрат води спостерігаються на річках в періоди проходження водопілля, паводків. Вони залежать від інтенсивності та тривалості подачі води на поверхню басейна, від швидкостей стікання, від стану водозбору.

Максимальний стік води річок може виражатися найбільшою витратою води (об'ємом чи шаром стоку) за основну хвилю водопілля або паводку в даному році. Максимальні витрати води можуть бути найбільшими середньодобовими,

строковими (взятими в один зі строків добового вимірювання) або миттєвими (абсолютний максимум у цій добі). На малих річках між цими показниками максимумів можуть бути істотні відмінності у величинах, але чим більше річка, тим ці відмінності менші. Особливо, такі різниці (мається на увазі між середньодобовими, строковими і миттєвими) прослідковується в гірських регіонах, де стікаючи з гір з великими нахилами, річки переходять в передгір'я та потім виходять на рівнину чи низовину.

Вихідні відомості та дані. Об'єктом дослідження в цій роботі є річки басейну Пруту та Сірету, предметом - максимальний річний стік води.

У межах України знаходяться лише верхів'я річок Пруту і Сірету (приток Дунаю). Загальна площа водозборів цих річок на території України становить 11300 км². До основної зони формування паводків відноситься гірська частина басейнів, що займає близько 55 % загальної їх площі. Річка Прут бере початок у Чорногорі, перепливає Карпати, Прикарпаття та Покутсько-Бесарабську височину. На території України його довжина становить близько 240 км, а площа водозбору - 8000 км². Основні його притоки течуть з гір: Пістинка (56 км), Рибниця (54 км), Черемош (80 км). Довжина р. Сірет у межах України становить 115 км.

Середні річні кількості опадів загалом збільшуються з висотою – від 630-660 до 1400-1410 мм. В окремі роки вони можуть досягати від 940 до 1835 мм. Проте були й такі роки, коли їх річна кількість не перевищувала на більшій частині території 370-560, на висотах вище 1000 м – 1000 мм. Найбільша кількість опадів припадає на теплий період – з травня по вересень – 60-80% річної кількості. Залежність річної кількості опадів від висоти проявляється досить певно – їх кількість збільшується в 2-2,5 рази.

Щодо водного режиму, то відповідно до кліматичних умов на річках у басейнах Пруту та Сірету спостерігається весняне водопілля, але переважають дощові паводки в теплий період року, тоді як сніго-дощові паводки холодного періоду на досліджуваних річках бувають, але не характерні.

Високі паводки на річках басейну Пруту та Сірету спостерігалися у 1897, 1908, 1911, 1927, 1941, 1947, 1955, 1969, 1970, 1976, 1980, 1995, 1996, 1998, 2001, 2008, 2010 рр.

Мета даного дослідження – виявлення особливостей та тенденцій у багаторічній просторово-часовій мінливості максимального стоку води в басейнах Пруту та Сірету. На досліджуваній території є 12 гідрометричних постів, на яких ведуть спостереження за стоком води. В таблиці 1 подано перелік постів, періоди спостереження за стоком води, а також гідрографічні та морфометричні характеристики річок та їх водозборів.

Аналізуючи гідрографічні та морфометричні характеристики річок та їх водозборів бачимо, що водозбори мають досить великий діапазон їх середніх висот, що свідчить про те, що досліджуваний басейн відноситься до передгірного і гірського регіону та має різні умови формування максимумів. Тому для дослідження максимального стоку води в басейнах Пруту та Сірету за матеріалами спостережень Державної гідрометеорологічної служби ДСНС сформовано банк вихідних даних – максимальних за рік середньодобових та відповідних їм максимальних строкових витрат води для всіх річок досліджуваного басейну, де вимірюються витрати води, від початку спостережень по 2016 р. включно. На 83 % гідрологічних постів на річках басейну Пруту та Сірету періоди спостережень за стоком води складають 54÷72 років, лише на 2 постах - р. Прут – с. Ворохта (39 років) та р. Чорнява – с. Любківці (32 роки) мають період спостережень <40 років.

Таблиця 1. Гідрографічні та морфометричні характеристики річок та їх водозборів-басейнів Пруту та Сірету

Річка – гідрометричний пост	Період спостережень (кількість років)	Відстань, км		Похил річки, ‰		Водозбір				
		від гирла	від витoku	середній	середній зважений	Площа, км ²	Середня висота, м абс.	Середній похил, ‰	Заболоченість, %	Лісистість, %
Сірет - Сторожинець	1953-2016 (64)	448	65	9,3	4,7	672	590	144	<1	51
Прут - Ворохта	1978-2016 (39)	955	13	-	-	48,3	-	-	-	-
Прут - Кременці	1959-2016 (57)	932	36	27,5	11,9	366	1000	285	0	85
Прут - Яремча	1950-2016 (67)	914	54	21,8	9,6	597	990	281	0	87
Прут - Чернівці	1945-2016 (72)	772	196	7,8	3,6	6890	450	-	<1	42
Кам'янка – Дора	1946-2016 (71)	0,8	6,2	111	66,4	18,1	870	446	0	76
Чорнява - Любківці	1984-2016 (32)	4,5	-	-	-	333	-	-	-	-
Черемош - Устеріки	1957-2016 (59)	79	1,0	9,8	9,0	1500	1100	-	0	51
Білий Черемош - Яблуниця	1958-2016 (59)	14	37	19,0	10,2	552	1200	334	0	56
Чорний Черемош - Верховина	1958-2016 (59)	19	67	16,7	11,4	657	1200	321	0	57
Ільця - Ільці	1959-2016 (58)	4,2	13	40,2	30,5	86,1	1100	303	0	52
Путила - Путила	1963-2016 (54)	19	23	24,2	15,8	181	960	325	0	50

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Вивченню просторово-часових особливостей та закономірностей максимального стоку води річок різних регіонів України завжди приділяється належна увага. У 30-40-х роках минулого століття вивченням умов формування максимального стоку води займалися А. В. Огієвський, А. М. Бефані. У 50-70-х рр. щодо максимального стоку води річок України та просторових закономірностей його формування з'являються наукові розробки Г. І. Швеця, В. І. Мокляка, Г. П. Кубишкіна, П. Ф. Вишневського, Й. А. Железняка. У 70-90-х роках можна виділити дослідження П. М. Лютика, Л. І. Сакалі, Л. В. Дмитренка, Є. М. Киптенко [19], Л. Д. Михальської, Л. М. Коваленко, Я. О. Фоменка, Є. Д. Гопченка [5], В. М. Бойко, М. І. Кульбиди [1], М. М. Сусідка, О. І. Лук'янець [20-23, 28]. Накопичення даних гідрометричних спостережень (збільшення часових послідовностей стокових характеристик) сприяло більш ретельним його дослідженням, обґрунтованим розрахункам та висновкам. В сучасний період у дослідженні максимального стоку води річок України можна відмітити наукові праці В. І. Вишневського, О. О. Косовця [2-3], М. І. Кирилюка [11], Є. Д. Гопченка, В. А. Овчарук [6], Б. Ф. Кіндюка [12], В. В. Гребеня [7]. Останні дослідження характеристик максимального стоку річок України також наведено у дисертаційних роботах Ж. Р. Шакірзанової, М. В. Гопцій, О. І. Тодорової, Л. О. Горбачової, В. А. Овчарук. Розглядаються характеристики максимального стоку води окремих річок чи окремих річкових басейнів України в низці публікацій останніх років В. В. Гребеня, О. І. Лук'янець, С. П. Андрели [8], М. В. Гопцій,

Є. Д. Гопченка [4], В. О. Дутко, С. О. Москаленка [9, 17], В. А. Овчарук, О. І. Тодорової, О. М. Прокоф'єва [18], В. О. Корнієнко [13] та ін. Дослідженням просторово-часової мінливості присвячено статті О. І. Лук'янець, Т. П. Камінської, О. Г. Ободовського, Ю. О. Ободовського, С. О. Москаленка [14-16, 24-27].

Результати дослідження. Співвідношення між максимальними строковими та максимальними середньодобовими витратами води. Для з'ясування відмінностей у величинах максимальних строкових та максимальних середньодобових витрат води побудовано залежності між зазначеними характеристиками (рис. 1).

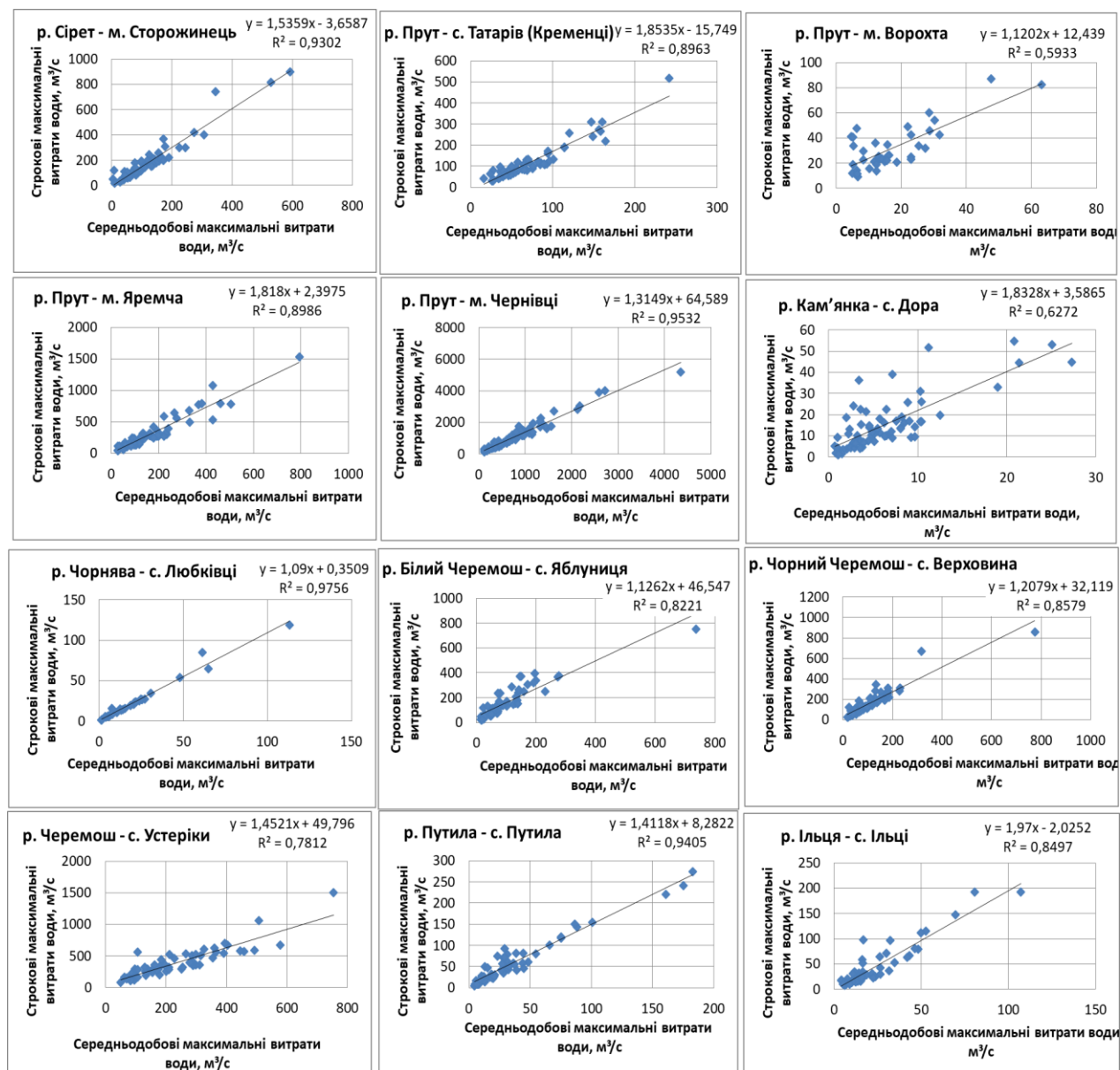


Рис. 1. Залежності між максимальними середньодобовими та відповідними їм максимальними строковими витратами води на річках басейнів Пруту та Сірету

З рис. 1 видно, що зв'язки між максимальними середньодобовими та відповідними їм максимальними строковими витратами води на річках досліджуваних водозборів є досить тісними. Коефіцієнти апроксимації R^2 змінюються в межах від 0,59 до 0,97, що відповідає коефіцієнтам кореляції – від 0,77

до 0,98. Але самі співвідношення між максимальними середньодобовими та відповідними їм максимальними строковими витратами на річках басейнів Пруту та Сірету різні. Для виявлення закономірностей у таких відмінностях побудовано графіки залежності співвідношень між максимальними строковими та максимальними середньодобовими витратами та середніми висотами водозборів (рис. 2).

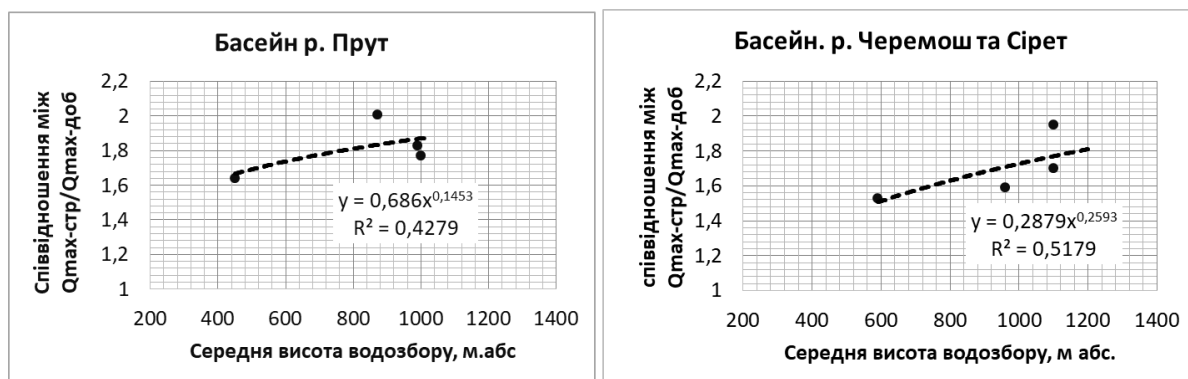


Рис. 2. Залежності між співвідношеннями максимальних строкових $Q_{\max-\text{стр.}}$ і максимальних середньодобових $Q_{\max-\text{доб.}}$ витрат води та середньою висотою відповідних водозборів річок басейнів Пруту та Сірету

У табл. 2 узагальнено співвідношення між максимальними строковими $Q_{\max-\text{стр.}}$ та максимальними середньодобовими $Q_{\max-\text{доб.}}$ витратами від середньої висоти водозборів, використовуючи побудовані залежності $Q_{\max-\text{стр.}} / Q_{\max-\text{доб.}} = f(\text{сер. висота})$ (рис. 2).

Таблиця 2. Зміни співвідношень між максимальними строковими $Q_{\max-\text{стр.}}$ і максимальними середньодобовими $Q_{\max-\text{доб.}}$ витратами води та середньою висотою відповідних водозборів річок басейнів Пруту та Сірету

Середня висота водозборів, м абс.	Річки басейну Пруту	Річки басейну Черемошу та Сірету
	співвідношеннями між $Q_{\max-\text{стр.}} / Q_{\max-\text{доб.}}$	співвідношеннями між $(Q_{\max-\text{стр.}} / Q_{\max-\text{доб.}})$
400	1,6	1,4
600	1,7	1,5
800	1,8	1,6
1000	1,9	1,7
1200	1,9	1,8

Найбільші співвідношення $Q_{\max-\text{стр.}} / Q_{\max-\text{доб.}}$ спостерігаються на гірських водозборах з середніми висотами 1000-1200 м. абс. – 1,7-1,9. З водозборів з середніми висотами 400 м абс. такі співвідношення зменшуються до 1,4-1,6

Статистичні параметри часових послідовностей максимального стоку води та оцінка їх однорідності. У зв'язку з тим, що залежності між максимальними строковими та максимальними середньодобовими витратами води є досить значимими, то в подальшому досліджувалися лише послідовності максимальних строкових витрат води, як найбільш важливими в практичному застосуванні у гідрологічних розрахунках та прогнозах.

В табл. 3 подано статистичні параметри максимального річного стоку води на річках басейнів Пруту та Сірету – норма, коефіцієнти варіації та асиметрії. Коефіцієнти варіації максимального стоку у переважній більшості змінюються в

межах 0,8-1,0, коефіцієнти асиметрії мають додатні значення і, в основному, знаходяться в діапазоні 1,8-2,5.

Таблиця 3. Статистичні параметри максимального річного стоку води на річках басейнів Пруту та Сірету

Річка –гідрологічний пост	Площа водозбору.км ²	максимальний річний стік води (строкові значення)		
		Норма, м ³ /с	Коефіцієнт варіації, C _v	Коефіцієнт асиметрії, C _s
Сірет - Сторожинець	672	177	0,96	2,62
Прут - Ворохта	48,3	31,6	0,56	1,42
Прут - Кременці	366	121	0,72	2,17
Прут - Яремча	597	309	0,84	2,26
Прут - Чернівці	6890	1131	0,83	1,99
Кам'янка – Дора	18,1	15,2	0,83	1,55
Чорнява - Любківці	333	22,7	1,12	2,22
Черемош - Устеріки	1500	393	0,60	2,05
Білий Черемош - Яблуниця	552	158	0,84	1,80
Чорний Черемош -Верховина	657	164	0,85	2,91
Ільця - Ільці	86,1	42,1	0,99	2,06
Путила - Путила	181	62,0	0,94	1,86

Для порівняння точності визначення норм максимального річного стоку води на річках басейну Пруту та Сірету, які мають різну водність, розраховано відносні значення середніх квадратичних похибок σ_n (%) для кожного поста за формулою:

$$\sigma_n = \pm \frac{100 \cdot C_v}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

де C_v - коефіцієнт варіації, n- тривалість безперервних спостережень, (табл. 4).

Таблиця 4. Відносні значення середніх квадратичних похибок визначення норм максимального річного строкового стоку води на річках басейнів Пруту та Сірету

Річка –гідрологічний пост	Площа водозбору, км ²	максимальний річний стоку води (строкові значення)		
		Період спостережень (кількість років n),	Коефіцієнт варіації, C _v	Відносне значення середньої квадратичної похибки, σ_n %
Сірет - Сторожинець	672	1953-2016 (64)	0,96	12,0
Прут - Ворохта	48,3	1978-2016 (39)	0,56	8,92
Прут - Кременці	366	1959-2016 (57)	0,72	9,55
Прут - Яремча	597	1950-2016 (67)	0,84	10,3
Прут - Чернівці	6890	1945-2016 (72)	0,83	9,84
Кам'янка – Дора	18,1	1946-2016 (71)	0,83	9,88
Чорнява - Любківці	333	1984-2016 (32)	1,12	19,8
Черемош - Устеріки	1500	1957-2016 (59)	0,60	7,80
Білий Черемош - Яблуниця	552	1958-2016 (59)	0,84	11,0
Чорний Черемош - Верховина	657	1958-2016 (59)	0,85	11,0
Ільця - Ільці	86,1	1959-2016 (58)	0,99	13,0
Путила - Путила	181	1963-2016 (54)	0,94	12,8

При цьому має дотримуватися умова – ряд спостережень за максимальним стоком води на річках вважається репрезентативним щодо визначення його норми, якщо величина σ_n не перевищує 15-20 %. Як видно з табл. 4, досліджувані послідовності – репрезентативні.

Важливим в дослідженнях часової мінливості максимального річкового стоку води є перевірка досліджуваних часових послідовностей на однорідність. При дослідженні однорідності рядів спостережень треба прийняти умову, що результати спостережень будемо вважати однорідними тоді, коли вони належать до однієї генеральної сукупності.

Кількісну оцінку однорідності максимальних річних витрат води на річках басейну Пруту та Сірету виконано за узагальненими стандартними параметричними критеріями: за критерієм Стюдента для перевірки рівності середніх значень (статистика t) і критерієм Фішера для перевірки рівності дисперсії (статистика F) (табл. 5-6). З непараметричних критеріїв використано критерій Вілкоксона (статистика кількості інверсій U) (табл. 7).

Таблиця 5. Аналіз однорідності рядів максимального річного стоку води на річках басейну Пруту та Сірету за критерієм Стюдента t за 5% рівні значущості

Річка –гідрологічний пост	максимальний річний сток води (строкові значення)		
	Емпіричне значення статистики t	Критичні аналітичні значення, $t_{f,k}$	Гіпотеза про однорідність
Сірет - Сторожинець	0,15	2,00	приймається
Прут - Ворохта	0,13	2,04	приймається
Прут - Кременці	0,67	2,01	приймається
Прут - Яремча	1,56	2,00	приймається
Прут - Чернівці	0,94	2,00	приймається
Кам'янка – Дора	0,81	2,00	приймається
Чорнява - Любківці	0,48	2,07	приймається
Черемош - Устеріки	0,82	2,01	приймається
Білий Черемош - Яблуниця	0,16	2,01	приймається
Чорний Черемош -Верховина	0,88	2,01	приймається
Ільця - Ільці	1,51	2,01	приймається
Путила - Путила	1,25	2,01	приймається

Таблиця 6. Аналіз однорідності рядів максимального річного стоку води басейну Пруту та Сірету за критерієм Фішера F за 5% рівні значущості

Річка –гідрологічний пост	максимальний річний сток води (строкові значення)		
	Емпіричне значення статистики t	Критичні аналітичні значення, $t_{f,k}$	Гіпотеза про однорідність
Сірет - Сторожинець	1,26	2,14	приймається
Прут - Ворохта	3,49	2,86	не приймається
Прут - Кременці	1,94	2,19	приймається
Прут - Яремча	3,37	2,10	не приймається
Прут - Чернівці	2,20	2,06	не приймається
Кам'янка – Дора	1,46	2,06	приймається
Чорнява - Любківці	3,18	3,33	приймається
Черемош - Устеріки	1,38	2,17	приймається
Білий Черемош - Яблуниця	2,01	2,17	приймається
Чорний Черемош -Верховина	1,96	2,18	приймається
Ільця - Ільці	1,46	2,19	приймається
Путила - Путила	1,46	2,25	приймається

Таблиця 7. Аналіз однорідності рядів максимального річного стоку води басейну Пруту та Сірету за критерієм Вілкоксона U за 5% рівні значущості

Річка - поста	Верхнє та нижнє критичні значення інверсій		Порахована кількість інверсій	Гіпотеза про однорідність вибірок
Сірет - Сторожинець	366	658	528	Приймається
Прут - Ворохта	120	260	150	Приймається
Прут - Кременці	283	529	438	Приймається
Прут - Яремча	405	718	648	Приймається
Прут - Чернівці	474	822	680	Приймається
Кам'янка – Дора	460	800	565	Приймається
Чорнява - Любківці	76,0	180	127	Приймається
Черемош - Устеріки	306	564	490	Приймається
Білий Черемош - Яблуниця	306	564	366	Приймається
Чорний Черемош - Верховина	306	564	474	Приймається
Ільця - Ільці	294	547	331	Приймається
Путила - Путила	251	478	309	Приймається

Оцінки однорідності рядів за критерієм Стюдента показала, що гіпотеза про однорідність вибірок максимального річного стоку води для всіх річок басейну Пруту та Сірету приймається.

За критерієм Фішера F – ряди максимумів переважно однорідні, тобто інтенсивність їх мінливості за багаторічний період істотно не змінилася. Лише ряди максимальних річних витрат води на таких постах як р. Прут – смт Ворохта, р. Прут – м. Яремча і р. Прут – м. Чернівці виявилися неоднорідними за критерієм Фішера F за 5 % рівні значущості. Якщо розширити межі критичних аналітичних значень критерію Фішера за 1 % рівні значущості, то гіпотеза про однорідність приймається для постів р. Прут – смт Ворохта і р. Прут – м. Чернівці. При цьому часова послідовність спостережень за максимальним річним стоком води за 1 % рівні значущості для поста р. Прут – м. Яремча залишається неоднорідним.

За непараметричним критерієм Вількоксона гіпотеза про однорідність рядів максимальних річних витрат води для всіх постів на річках басейну Пруту та Сірету приймається (див. табл. 7).

Оцінки багаторічних коливань максимального стоку води річок басейнів Пруту та Сірету. Для виявлення просторово-часової мінливості максимального стоку води річок басейнів Пруту та Сірету і тенденцій до групування років з відносно великими та малими його значеннями (тобто, циклічну складову) використано наступні методи:

1) Графічний аналіз сумарних інтегральних кривих. Початок впливу кліматичних чи антропогенних змін наближено оцінюють графічним способом - шляхом побудови сумарної інтегральної кривої (тобто, послідовна сума величин стоку є функцією часу) наступного виду:

$$\sum_{i=1}^{i=n} Q_i = f(t) \quad (2)$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} Q_i$ - наростаюча сума величин стоку Q_i від початку спостережень Q_1 до їх завершення Q_n , t – послідовність часу (в нашому випадку, роки).

Якщо є різка зміна кута нахилу графіка залежності, то це характеризує початок можливих зазначених змін. Причому в той рік, де почалась така різка зміна. На рис.3 для всіх постів подано сумарні інтегральні криві максимальних річних витрат води (взято строкові значення) річок басейнів Пруту та Сірету.

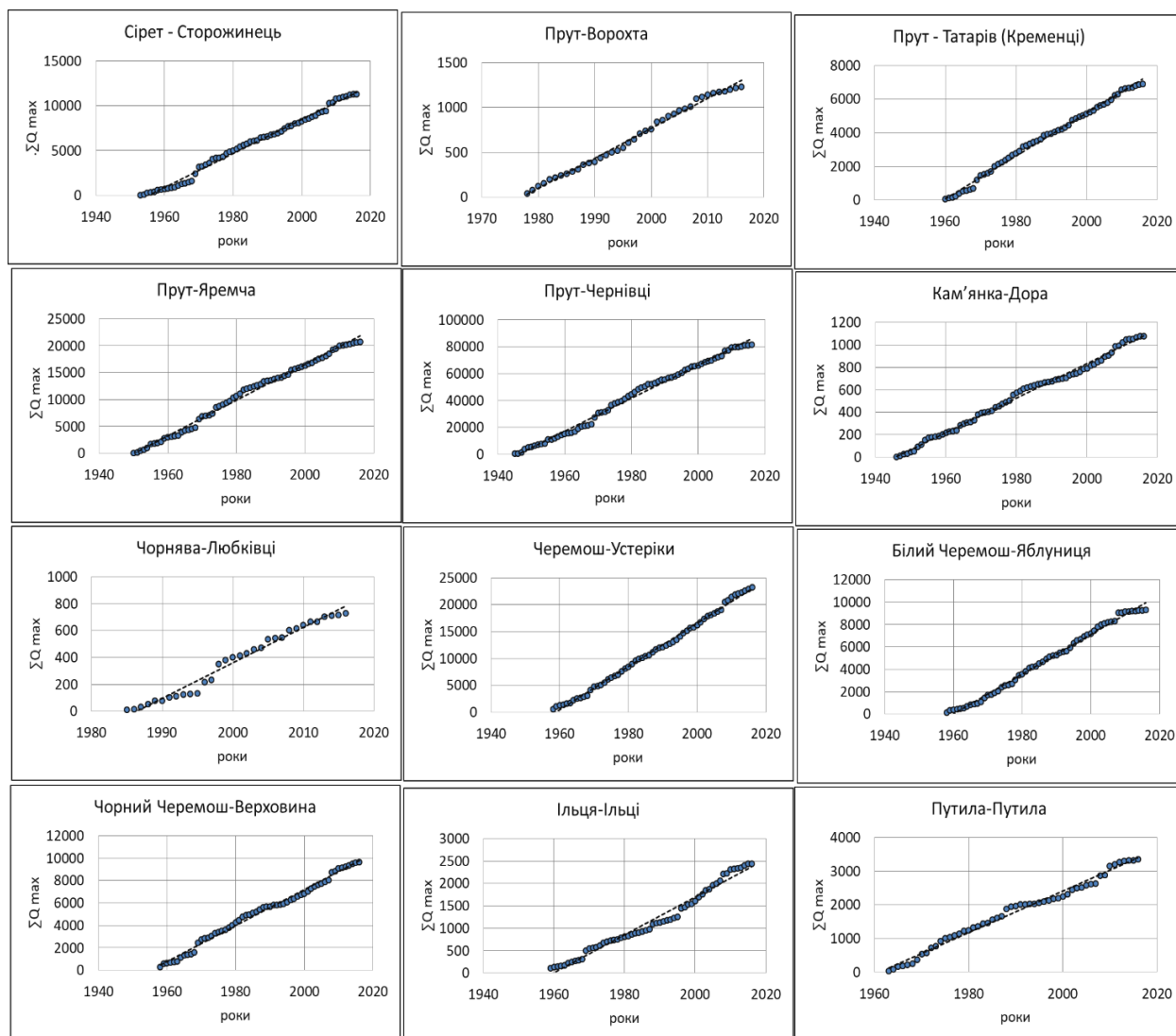


Рис.3. Сумарні інтегральні криві максимальних річних витрат води річок басейнів Пруту та Сірету від початку спостережень по 2016 р.

Помітних змін, які могли б позначитися на режимі максимального стоку води не виявлено. Але на всіх сумарних інтегральних кривих у сучасний період з 2009-2011 рр. є тенденція на зменшення максимумів.

2) Графічний аналіз різницевої інтегральної кривої. Застосовується для виявлення тенденцій до групування років з відносно великими та малими значеннями характеристик річкового стоку води. Графічний аналіз полягає у побудові різницевої інтегральної кривої:

$$\sum_{i=1}^{i=m} (k_i - 1) / C_v = f(t) , \quad (3)$$

де модульний коефіцієнт k_i як стандартне перетворення значень характеристик річкового стоку води, який дорівнює відношенню $Q_i / \bar{Q}$, при цьому $\bar{Q}$ – норма досліджуваного ряду $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, C_v – коефіцієнт його варіації, t – послідовність часу (в нашому випадку, роки).

На рис. 4 представлено окремі різницеві інтегральні криві часових послідовностей максимальних річних витрат води окремих річок, а також осереднена для басейнів Пруту та Сірету.

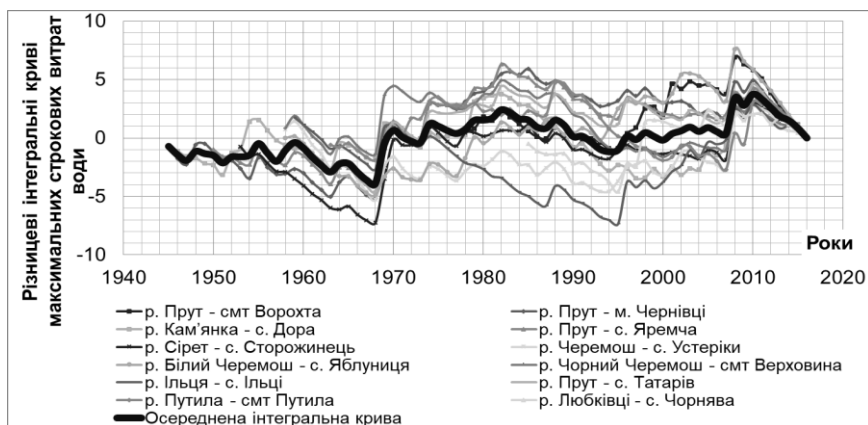


Рис. 4. Різницеві інтегральні криві максимального річного стоку води (строкові значення) річок басейнів Пруту та Сірету

Аналіз як окремих різницевих інтегральних кривих часових рядів максимального річного стоку води для всієї сукупності річок басейнів Пруту та Сірету, так й осередненої різницевої інтегральної кривої показав неможливість виділити явну тривалу циклічну складову в спостереженому максимальному річному стоці води річок. Навіть відокремлення малих водозборів, для яких часто мають вплив азональні, локальні фактори, що сприяє деяким особливостям формування стоку води, показав неможливість виділити стійку тривалу циклічну складову за різницевиими інтегральними кривими (рис.5-6).

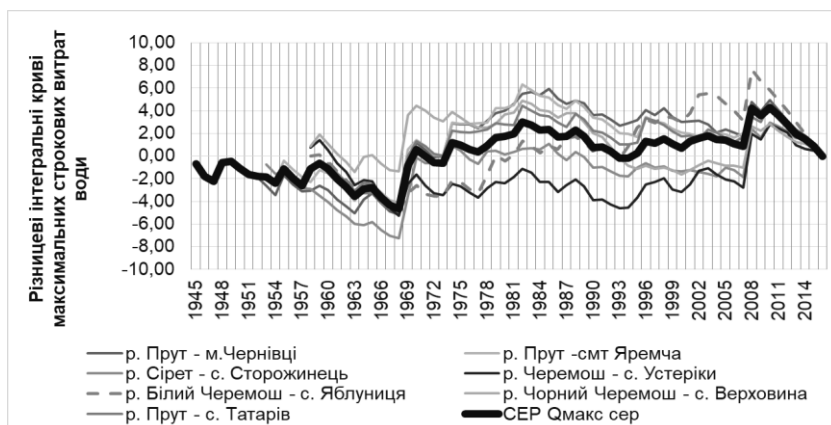


Рис. 5 Різницеві інтегральні криві максимального річного стоку води (строкові значення) річок басейнів Пруту та Сірету без малих водозборів

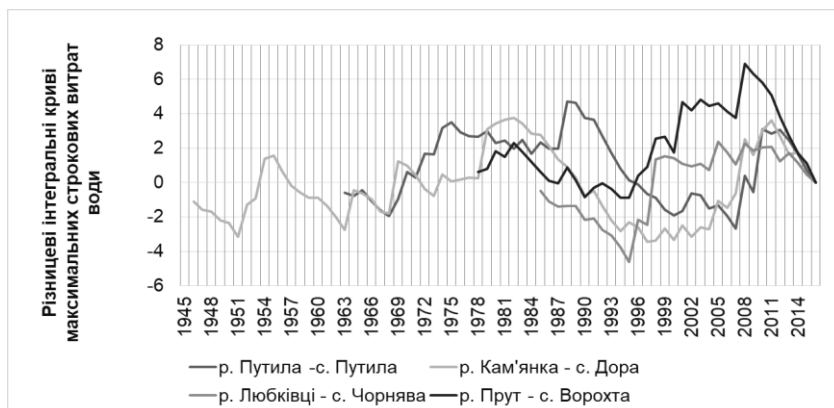


Рис. 6. Різницеві інтегральні криві максимального річного стоку води (строкові значення) річок малих водозборів басейну Пруту та Сірету

Наявність достатньо суттєвих випадкових коливань стоку на річках басейну Пруту та Сірету заважає виявленню за різницею інтегральними кривими закономірностей їх часового ходу, які виражаються у формі довготривалих циклів.

3) Згладжування часових рядів. Для виявлення циклів менших періодичностей застосовано найбільш простий індикатор в технічному аналізі, що полягає у згладжуванні часових рядів – ковзне середнє, яке показує середнє значення часового ряду за певний період часу. Середнє ковзне значення відноситься до категорії аналітичних методів, які слідує за тенденцією, що полягає в тому, щоб визначити час початку нової тенденції або попередити про її завершення.

Ковзне середнє є звичайним середнім арифметичним (чи середнім ваговим) від показників стоку води за певний інтервал осереднення і полягає в заміні вихідних даних осередненими за певний інтервал. Частіше, щоб зберегти симетрію згладжування, в гідрології з практичною метою використовують непарне значення цього інтервалу – 3 (згладжування за трирічками), 5 (згладжування за п'ятирічками), 7 (згладжування за семирічками) тощо. Наприклад, згладжування за трирічками, перші значення витрат ряду Q_1, Q_2, Q_3 осереднюються в $\tilde{Q}_2$, далі береться наступна «трійка» Q_2, Q_3, Q_4 - в $\tilde{Q}_3$ і так само далі до кінця досліджуваного ряду.

Оскільки результати згладжування максимального стоку води річок басейнів Пруту та Сірету треба порівняти, зроблено стандартне перетворення максимальних витрати води – проведено їх нормування у вигляді модульних коефіцієнтів. Результати згладжування за трирічками та п'ятирічками подано на рис.7-8.

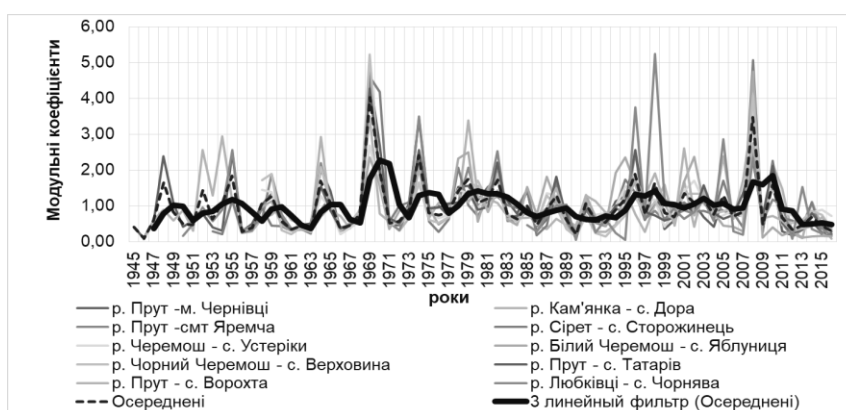


Рис. 7. Згладжування (ковзне середнє) за трирічками максимального стоку води річок басейнів Пруту та Сірету

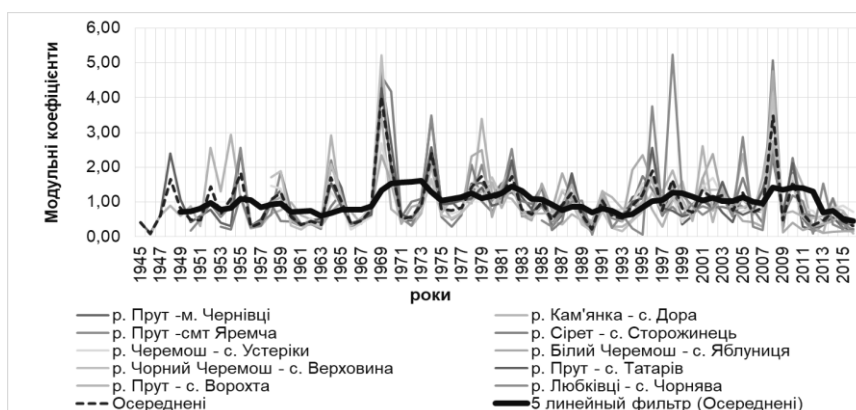


Рис. 8. Згладжування (ковзне середнє) за п'ятирічками максимального стоку води річок басейнів Пруту та Сірету

Аналіз згладжування за трирічками та за п'ятирічками показав, що в часових послідовностях максимального стоку води річок басейнів Пруту і Сірету присутні цикли менших періодичностей, тривалість яких мінлива, але в переважній більшості знаходиться в межах 5-7 років.

Висновки. Фізико-географічні умови басейнів Пруту та Сірету (насамперед, кліматичні та орографічні) сприяють формуванню значних максимумів на річках території дослідження. Для їх водного режиму характерно весняне водопілля, але переважають дощові паводки в теплий період року, тоді як сніго-дощові паводки холодного періоду для цих водозборів не притаманні. Саме в теплий період спостерігаються найбільші максимуми за рік.

В просторовому відношенні на річках басейнів Пруту та Сірету різні умови формування максимумів, тому що досліджувана територія має елементи гірської та передгірної орографії. У зв'язку з цим, сформовано банк вихідних даних від початку спостережень по 2016 р. включно – максимальних за рік середньодобових та відповідних ним максимальних строкових витрат води для всіх річок досліджуваного басейну за матеріалами спостережень Державної гідрометеорологічної служби ДСНС з 12 гідрометричних постів. Зв'язки між зазначеними максимумами є досить тісними (коефіцієнти апроксимації $R^2=0,59-0,95$), але самі співвідношення на річках досліджуваних водозборів басейнів Пруту та Сірету різні. Виявлено, що найбільші співвідношення між максимальними строковими та максимальними середньодобовими спостерігаються на гірських водозборах з середніми висотами 1000-1200 м. абс. – в середньому 1,7-1,9 разів строкові максимуми перевищують добові. З водозборів з середніми висотами 400 м абс. такі співвідношення зменшуються до 1,4-1,6.

З тієї причини, що залежності між максимумами строковими та середньодобовими є досить значимими, то досліджувалися лише послідовності максимальних строкових витрат води, які є найбільш важливими в практичному застосуванні у гідрології. Розраховані статистичні параметри показали, що коефіцієнти варіації у переважній більшості змінюються в межах 0,8-1,0, коефіцієнти асиметрії мають додатні значення і, в основному, знаходяться в діапазоні 1,8-2,5. Для порівняння точності визначення норм максимального річного стоку розраховано відносні значення середніх квадратичних похибок для кожного поста, які показали, що досліджувані послідовності – репрезентативні. Результати оцінки їх однорідності за критеріями Стюдента, Фішера та Вілкоксона показали, що ряди максимальних строкових витрат води є однорідними, як за нормою, так й за дисперсією.

Дослідження багаторічної мінливості максимального стоку води річок басейнів Пруту та Сірету за різницевиими інтегральними кривими показало неможливість виділити явну циклічну складову в спостереженому максимальному річному стоці води річок. Виявлення циклів менших періодичностей проведено за ковзним середнім, яке показало, що в часових послідовностях максимального стоку води річок басейнів Пруту і Сірету присутні такі цикли, тривалість яких мінлива, але в переважній більшості знаходиться в межах 5-7 років.

Список літератури

1. Бойко В. М., Кульбіда М. І., Сусідко М. М. Визначний дощовий паводок на річках Закарпаття в листопаді 1998 р. *Наукові праці УкрНДГМІ*, 1999. Вип.247. С. 91-101.
2. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ : Віпол, 2000. 376 с.
3. Вишневський В. І., Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ : Ніка-центр, 2003. 324 с.
4. Гопцій М.В., Гопченко Є.Д. Дощові паводки в Українських Карпатах та їх розрахункові характеристики. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*, 2011. Т. 2(23). С. 57-62.
5. Гопченко Е.Д. Максимальный сток с речных водосборов (теоретическое обоснование, ISSN:2306-5680 *Hidrolohiia, hidrokhiimia i hidroekolohiia*. 2020. № 1 (56)

методика построения и практическая реализация расчетных моделей): дис. на здобуття наукового ступеня док. геогр. наук: спец. 11.00.07 - «Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» / Е.Д. Гопченко. Київ, 1994. 356 с. **6. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А.** Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины. Одесса: ТЭС, 2002. 110 с. **7. Гребінь В. В.** Сучасний водний режим річок України (ландшафтногідрологічний аналіз). К. : Ніка-Центр, 2010. 316 с. **8. Гребінь В.В., Лук'янець О.І., Андрела С.П.** Характер змін режиму водності та повторюваності паводків в холодний і теплий періоди року в басейні Тиси (у межах України). *Український гідрометеорологічний журнал*: Науковий журнал. Одеса: Вид-во ПП «ТЕС», 2013. № 13. С. 147-154. **9. Дутко В.О., Москаленко С.О.** Особливості паводкового режиму річок басейнів Західного Бугу та правобережжя Прип'яті. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2008. Т. 15. С. 63-68. **10. Дячук В.А., Сусідко М.М.** Паводки в Закарпатті та причини їх виникнення. *Укр. географ. журн.*, №1, 1999. С. 48-51. **11. Кирилюк М.І.** Режим формування історичних паводків в Українських Карпатах. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2001. Т. 2. С. 163-167. **12. Кіндюк Б.Ф.** Гидрографическая сеть и ливневой сток Украинских Карпат. Одесса: ТЭС, 2003. 222 с. **13. Корнієнко В. О., Лук'янець О.І.** Розрахункові характеристики максимального річного стоку води річок правобережжя Прип'яті. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2017. Т. 2 (45). С.39-44. **14. Лук'янець О.І., Камінська Т.П.** Закономірності та просторова синхронність багаторічних циклічних коливань водного стоку річок Українських Карпат. *Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць*. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т.: Географія, 2015. Вип. 744-745 С. 18-24. **15. Лук'янець О.І., Москаленко С.О.** Узагальнення та багаторічна мінливість максимального річного стоку води річок відповідно до гідрографічного районування України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2019. № 2 (53). С. 6-20. **16. Лук'янець О.І., Москаленко С.О.** Співвідношення між середньодобовими та строковими максимумами на річках басейну Тиси в межах України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2019. № 3 (54). С. 57-58. **17. Москаленко С.О.** Гідрометеорологічні умови та багаторічні характеристики дощових паводків на річках правобережжя Прип'яті. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2010. Т. 18. С. 125-132. **18. Овчарук В.А., Тодорова О.І., Прокоф'єв О.М.** Максимальний стік дощових паводків річок гірського Криму в умовах активного впливу підстильної поверхні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2017. № 4 (47). С. 29-35. **19. Сакали Л.И., Дмитренко Л.В., Киптенко Е.Н., Лютик П.М.** Тепловой и водный режим Украинских Карпат. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 366 с. **20. Соседко М.Н.** Исследование циклических колебаний дождевого стока в бассейне Днестра. Тр. УкрНИГМИ, 1974. Вып.127. С.16-37. **21. Соседко М. М., Лук'янець О.І.** Річки Правобережжя Прип'яті в періоди високої водності: повторюваність дощових паводків та особливості гідрологічного режиму. *Наукові праці УкрНДГМІ*, 1999. вип. 247. **22. Сусідко М.М., Лук'янець О.І.** Паводки в Карпатах – причини їх виникнення та повторюваність // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Стихійні явища у Карпатах”. Рахів. 1999. С. 316-321. **23. Luk'yanets O., Sossedko M.** Die Abflussbewertung auf nächste Jahre in den Karpaten unter Berücksichtigung der mehrjährigen Abflussschwankungen // Sammelband der XIX. Konferenz der Donauländer. Osijek (Kroatien). 1998. S.393-401. **24. Moskalenko S.** An analysis of temporal changeability of the rivers flow in the Pripyat basin on the territory of Ukraine // Fourth International Conference on Water observation and Information system for decision support, Ohrid, Republic of Macedonia. Skopje: Gradezen fakultet, 2010. P. 205-207. **25. Oleksandr Obodovskyi, Olga Lukianets** Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians Rivers. *Scientific Journal of Environmental Research, Engineering and Management*, Vol. 73, No. 1. Kaunas University of Technology, 2017. pp. 33-47. **26. Olga Lukianets and Iurii Obodovskyi** Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers' Streamflow of the Drainage Basin of the Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. *Scientific Journal: ENVIRONMENTAL Research, Engineering and Management*, No. 71(1). Kaunas, KTU. 2015. P. 36-46. **27. Olga Lukianets** Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). *Electronic Book with full papers from XXVII Conference of Danubian Countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management*. 26-28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. P. 280-290. **28. Shendrik S. P. Sossedko M. M. Lukyanets O. I.** Ein Versuch zur genaueren Bestimmung der

References

1. *Bojko V. M., Kul'bida M. I., Susidko M. M.* Vyznachnyj doschovyj pavodok na richkakh Zakarpattia v lystopadi 1998 r. Naukovi pratsi UkrNDHMI, 1999. Vyp.247. S. 91-101.
2. *Vyshnevs'kyj V. I.* Richky i vodojmy Ukrainy. Stan i vykorystannia. Kyiv : Vipol, 2000. 376 s.
3. *Vyshnevs'kyj V. I., Kosovets' O. O.* Hidrolohichni kharakterystyky richok Ukrainy. Kyiv : Nika-tsentr, 2003. 324 s.
4. *Hoptsij M.V., Hopchenko Ye.D.* Doschovi pavodky v Ukraini's'kykh Karpatakh ta ikh rozrakhunkovi kharakterystyky. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia, hidroekolohiiia, 2011. T. 2(23). S. 57-62.
5. *Gopchenko E.D.* Maksymal'nyj stok s rechnyh vodosborov (teoreticheskoe obosnovanie, metodika postroeniia i prakticheskaja realizacija raschetnykh modelej): dis. na zdobuttja naukovoogo stupenja dok. geogr. nauk: spec. 11.00.07 - «Gidrologiia sushi, vodni resursi, gidrokhimiiia» / E.D. Gopchenko. Kiiv, 1994. 356 s.
6. *Gopchenko E.D., Ovcharuk V.A.* Formirovanie maksimal'nogo stoka vesennego polovod'ja v uslovijah juga Ukrainy. Odessa: TJeS, 2002. 110 s.
7. *Hrebin' V. V.* Suchasnyj vodnyj rezhym richok Ukrainy (landshaftnohidrolohichnyj analiz). K. : Nika-Tsentr, 2010. 316 s.
8. *Hrebin' V.V., Luk'ianets' O.I., Andrela S.P.* Kharakter zmin rezhymu vodnosti ta povtoriuvanosti pavodkiv v kholodnyj i teplyj periody roku v basejni Tysy (u mezhakh Ukrainy). Ukraini's'kyj hidrometeorolohichnyj zhurnal: Naukovyj zhurnal. Odesa: Vyd-vo PP «TES», 2013. № 13. S. 147-154.
9. *Dutko V.O., Moskalenko S.O.* Osoblyvosti pavodkovoho rezhymu richok basejnyv Zakhidnoho Buhu ta pravoberezhzhia Pryp'iaty. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia, 2008. T. 15. S. 63-68.
10. *Diachuk V.A., Susidko M.M.* Pavodky v Zakarpatti ta prychny ikh vynykennia. Ukr. heohraf. zhurn., №1, 1999. S. 48-51.
11. *Kyryliuk M.I.* Rezhym formuvannia istorychnykh pavodkiv v Ukraini's'kykh Karpatakh. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia, 2001. T. 2. S. 163-167.
12. *Kindiuk B.F.* Hydrohrafycheskaia set' y lyvnevoj stok Ukraini's'kykh Karpat. Odessa: TES, 2003. 222 s.
13. *Korniienko V. O., Luk'ianets' O.I.* Rozrakhunkovi kharakterystyky maksymal'noho richnoho stoku vody richok pravoberezhzhia Pryp'iaty. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia, 2017. T. 2 (45). S.39-44.
14. *Luk'ianets' O.I., Kamins'ka T.P.* Zakonomirnosti ta prostorova synkhronnist' bahatorichnykh tsyklichnykh kolyvan' vodnoho stoku richok Ukraini's'kykh Karpat. Naukovyj visnyk Chernivets'koho universytetu: zbirnyk naukovykh prats'. Chernivtsi: Chernivets'kyj nats. un-t.: Heohrafiia, 2015. Vyp. 744-745 S. 18-24.
15. *Luk'ianets' O.I., Moskalenko S.O.* Uzahal'nennia ta bahatorichna minlyvist' maksymal'noho richnoho stoku vody richok vidpovidno do hidrohrafichnoho rajonuvannia Ukrainy. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia, 2019. № 2 (53). S. 6-20.
16. *Luk'ianets' O.I., Moskalenko S.O.* Spivvidnoshennia mizh seredn'odobovymy ta strokovymy maksymumamy na richkakh basejnu Tysy v mezhakh Ukrainy. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia, 2019. № 3 (54). S. 57-58.
17. *Moskalenko S.O.* Hidrometeorolohichni umovy ta bahatorichni kharakterystyky doschovykh pavodkiv na richkakh pravoberezhzhia Pryp'iaty. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia, 2010. T. 18. S. 125-132.
18. *Ovcharuk V.A., Todorova O.I., Prokof'iev O.M.* Maksymal'nyj stik doschovykh pavodkiv richok hirs'koho Krymu v umovakh aktyvnoho vplyvu pidstyl'noi poverkhni. Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia, 2017. № 4 (47). S. 29-35.
19. *Sakali L.I., Dmitrenko L.V., Kiptenko E.N., Ljutik P.M.* Teplovoj i vodnyj rezhim Ukraini's'kykh Karpat. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 366 s.
20. *Sosedko M.N.* Yssledovanye tsyklycheskykh kolebanyj dozhdevoho stoka v bassejne Dnestra. Tr. UkrNYHMY, 1974. Vyp.127. S.16-37.
21. *Sosiedko M. M., Luk'ianets' O.I.* Richky Pravoberezhzhia Pryp'iaty v periody vysokoi vodnosti: povtoriuvanist' doschovykh pavodkiv ta osoblyvosti hidrolohichnoho rezhymu. Naukovi pratsi UkrNDHMI, 1999. vyp. 247.
22. *Susidko M.M., Luk'ianets' O.I.* Pavodky v Karpatakh – prychny ikh vynykennia ta povtoriuvanist' // Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Stykhnijni iavyscha u Karpatakh". Rakhiv. 1999. S. 316-321.
23. *Luk'yanets O., Sosedko M.* Die Abflussbewertung auf nächste Jahre in den Karpaten unter Berücksichtigung der mehrjährigen Abflussschwankungen // Sammelband der XIX. Konferenz der Donauländer. Osijek (Kroatien). 1998. S.393-401.
24. *Moskalenko S.* An analysis of temporal changeability of the rivers flow in the Pripjat basin on the territory of Ukraine // Fourth International Conference on Water observation and Information system for decision support, Ohrid, Republic of Macedonia. Skopje: Gradezen fakultet, 2010. P. 205-207.
25. *Oleksandr Obodovskyi, Olga Lukianets* Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians

Rivers. Scientific Journal of Environmental Research, Engineering and Management, Vol. 73, No. 1. Kaunas University of Technology, 2017. pp. 33-47. **26. Olga Lukianets and Iurii Obodovskiy** Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers' Streamflow of the Drainage Basin of the Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. Scientific Journal: ENVIRONMENTAL Research, Engineering and Management, No. 71(1). Kaunas, KTU. 2015. P. 36-46. **27. Olga Lukianets** Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). Electronic Book with full papers from XXVII Conference of Danubian Countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management. 26-28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. P. 280-290. **28. Shendrik S. P. Sosedko M. M. Lukyanets O. I.** Ein Versuch zur genaueren Bestimmung der Wahrscheinlichkeit maximaler Regenhochwasserabflüsse / XVIII. Konferenz d. Donauländer. Graz, August 1996. Band 19/1 TU.

Максимальний стік води річок басейнів Пруту і Сирету в межах України та його багаторічна просторово-часова мінливість

Москаленко С.О., Бесараб Ю. С., Лук'янець О.І.

В статті проведено дослідження максимального річного стоку води річок басейну Пруту та Сирету та його просторово-часової мінливості. За орографічними умовами досліджувана територія відноситься до гірського та передгірного регіону. Тому сформовано банк вихідних даних максимальних за рік середньодобових та відповідних їм максимальних строкових витрат води для всіх річок досліджуваного басейну від початку спостережень по 2016 р. включно (12 гідрометричних постів). Встановлено зв'язки між максимальними строковими і максимальними середньодобовими витратами води та проведено просторове узагальнення співвідношення між ними. Оцінено однорідність часових послідовностей та статистичні параметри розподілу. Виконано аналіз багаторічної мінливості максимального стоку води річок басейнів Пруту та Сирету за сумарними і різницевими інтегральними кривими, ковзним осередненням.

Ключові слова: річки басейну Пруту та Сирету; максимальний стік; максимальні строкові та середньодобові витрати води; однорідність часових рядів; статистичні параметри; багаторічна просторово-часова мінливість; сумарні та різницеві інтегральні криві; ковзне осереднення.

Максимальный сток воды рек бассейнов Прута и Сирет в пределах Украины и его многолетняя пространственно-временная изменчивость

Москаленко С.А., Бесараб Ю. С., Лукьянец О.И.

В статье проведено исследование максимального годового стока воды рек бассейна Прута и Сирета и его пространственно-временной изменчивости. По орографическим условиям исследуемая территория относится к горному и предгорному региону. Поэтому сформирован банк исходных данных максимальных за год среднесуточных и соответствующих им максимальных срочных расходов воды для всех рек исследуемого бассейна от начала наблюдений по 2016 включительно (12 гидрометрических постов). Установлены связи между максимальными срочным и максимальными среднесуточными расходами воды и проведено пространственное обобщение соотношения между ними. Оценена однородность временных последовательностей та статистические параметры распределения. Выполнен анализ многолетней изменчивости максимального стока воды рек бассейнов Прута и Сирета за суммарными и разностными интегральными кривыми, скользящим осреднением.

Ключевые слова: реки бассейна Прута и Сирета; максимальный сток; максимальные срочные и среднесуточные расходы воды; однородность временных рядов; статистические параметры; многолетняя пространственно-временная изменчивость; суммарные и разностные интегральные кривые; скользящее осреднение.

Maximum runoff of the rivers of the Prut and Siret basins within Ukraine and its long-term spatial and temporal variability

Moskalenko S.O., Besarab Yu.S., Lukianets O.I.

The article studies the maximum annual runoff of the rivers of the Prut and Siret basins and its spatiotemporal variability. According to the orographic conditions, the studied territory belongs to the mountain and piedmont region. Therefore, a source data bank was formed for the maximum daily average for a year and the corresponding maximum urgent water discharges for all the rivers of the studied basin from the beginning of observations to 2016 inclusive (12 gauging stations).

The relationships between the maximum urgent and maximum daily average water discharges are established and the spatial generalization of the relationship between them is carried out. Correlation relationships between the two maxima are quite close (approximation coefficients $R^2 = 0,59 - 0,95$), but the ratio of the maximums on the rivers of the studied catchments of the Prut and Sireta basins are different. It is revealed that the highest ratios between the maximum urgent and maximum daily average water discharges are observed in mountain catchments with average altitudes of 1000-1200 m abs. - an average of 1,7-1,9 times the maximums, which are recorded in the observation time, exceed the average daily maximum. From watersheds with average altitudes of 400 m abs. such ratios are reduced to 1,4 -1,6.

The homogeneity of the time sequences is estimated, and the statistical distribution parameters are calculated. The results of the estimation of homogeneity by the criteria of Student, Fisher and Wilcoxon showed that the series of maximum water discharges are homogeneous, both in terms of norm and in terms of variance. Statistical parameters have shown that the coefficients of variation in the vast majority vary within 0,8 -1,0; the asymmetry coefficients have positive values and are generally in the range of 1,8-2,5.

The analysis of the long-term variability of the maximum runoff of the rivers of the Prut and Siret river basins was carried out using the total integral curves, difference integral curves and moving averaging. Long cycles could not be identified. In sequences of maximum water flow, cycles lasting 5-7 years are traced.

Keywords: *rivers of the Prut and Siret basin; maximum runoff; maximum urgent and average daily water discharges; uniformity of time series; statistical parameters; long-term spatiotemporal variability; total and difference integral curves; moving averaging.*

Надійшла до редколегії 10.01.2020

УДК 556.114.7:556.55

Осипенко В.П., Морозова А.О.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ВНУТРІШНЬОРІЧНА ДИНАМІКА ВМІСТУ ОРГАНІЧНИХ ТА БІОГЕННИХ РЕЧОВИН У ВОДІ ОЗЕРА ВЕРБНОГО (м. КИЇВ)

Ключові слова: розчинені органічні речовини; біогенні речовини; внутрішньорічна динаміка.

Вступ. Якщо перші наукові роботи вчених по дослідженню гіdroхімічного стану водойм і водотоків відображали природний потенціал досліджуваних водних об'єктів, то сучасні дослідження нерідко свідчать про їхній пригнічений екологічний стан внаслідок антропогенної діяльності.

Озеро Вербне є прикладом саме такої екосистеми, якість води у якій залежить від комплексу природних та антропогенних чинників, які все частіше мають негативний вплив [2, 6, 11]. Це призводить до евтрофікації та забруднення водойм і, як наслідок, змінює вміст та розподіл всіх компонентів екосистеми. У зв'язку з цим стає важливим дослідження самоочисної здатності цих водних об'єктів шляхом вивчення сезонних змін гіdroхімічних показників. До важливих екологічних індикаторів екологічного стану поверхневих водних систем, які одночасно є і показниками їх санітарного стану, належать, в першу чергу, стан кисневого режиму, вміст органічних і біогенних речовин.

Метою цієї роботи було дослідження внутрішньорічної і сезонної динаміки загального вмісту розчинених органічних речовин (РОР) і окремих груп РОР, а також біогенних речовин (сполук неорганічного азоту, фосфору та кремнію) у поверхневому і придонному горизонтах води оз. Вербного.

Об'єкт і методика досліджень. Озеро Вербне розташоване у правобережній частині Києва (житловий масив Оболонь) і є водоймою, що має уповільнений водообмін з основним руслом р. Дніпро. Озеро непроточне і використовується з рекреаційною метою. Його площа становить 16,4 га, довжина 1100 м, ширина 60–240 м, площа прибережної смуги 16,1 га. Водний режим озера в основному залежить від поверхневого стоку. Складовими його водного балансу є також атмосферні опади та підземне живлення. Ступінь заростання озера вищою водною рослинністю не перевищує 5% [10].

Проби для визначення основних гіdroхімічних показників природної води відбирали з поверхневого і придонного горизонтів батометром Молчанова щомісяця протягом 2018–2019 рр., для визначення окремих груп РОР – посезонно: у лютому, квітні, серпні та жовтні. Дослідження особливостей формування режиму розчиненого кисню, рН та динаміки біогенних речовин проводили на станціях, розташованих в літоральній (глибиною до 5 м) та пелагіальній (глибиною до 16 м) частинах оз. Вербного. Динаміку загального вмісту розчинених органічних сполук та їхніх окремих компонентів вивчали в межах літоральної зони.

Безпосередньо на водоймі вимірювали температуру, рН і визначали концентрацію розчиненого кисню за методикою Вінклера. Для відокремлення зависі від фракції РОР використовували мембранні фільтри "Synpor" з діаметром пор 0,4 мкм, Чехія; у відфільтрованій воді визначали перманганатну і біхроматну

окиснюваності (ПО і БО) [4].

Визначення біогенних речовин у воді проводили за загальноприйнятими в гідрохімічній практиці методиками О.О. Альокіна [1]. Для вивчення компонентного складу РОР методом іонообмінної хроматографії застосовували ДЕАЕ- і КМ-целюлози [9], в результаті чого одержували три фракції розчинених органічних сполук: кислотну, основну і нейтральну. В кислотній групі РОР досліджували гумусові і фульвокислоти (ГК і ФК), в основній – білковоподібні речовини (БПР), а в нейтральній – вуглеводи (В). БПР визначали методом Фоліна-Лоурі [3], В – за допомогою антрону [8], ГК і ФК – спектрофотометричним методом за їхнім власним забарвленням [7].

Результати досліджень та їхнє обговорення.

Активна реакція водного середовища (рН), вміст розчиненого у воді кисню, ступінь насичення води киснем. У табл. 1 відображені результати визначень температури, величини рН, розчиненого кисню і ступеня насичення киснем у воді оз. Вербного за їхніми середніми значеннями у прибережній і центральній глибоководній ділянці. Спостереження за змінами активної реакції водного середовища показали, що вона коливалася у межах 6,9–8,8. Причому, слабколужні значення рН переважали у весняно-літній період (травень-липень), що пов'язано із зміщенням карбонатної рівноваги у воді внаслідок посилення фотосинтетичної діяльності. Найвищі її величини відмічали у поверхневому шарі у травні.

Таблиця 1. Внутрішньорічний розподіл температури, величини рН, вмісту розчиненого кисню, ступеня насичення киснем води оз. Вербного (середні значення)

Місяць	t _в , °C		рН		О ₂ , мг/дм		Ступ. насич. киснем, %	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Січень	1,5	-	6,9	-	7,0	-	50,1	-
Лютий	1,0	-	7,1	-	6,7	-	47,0	-
Березень	4,1	3,7	7,3	7,1	11,6	8,7	90,5	66,1
Квітень	11,1	9,8	7,3	7,2	10,8	8,7	97,2	76,2
Травень	17,3	14,2	8,8	7,7	14,6	10,7	147,3	101,4
Червень	26,5	18,7	8,7	7,3	13,8	5,1	134,7	53,5
Липень	23,1	17,7	8,5	7,6	12,3	4,2	138,8	47,5
Вересень	15,4	14,4	7,6	7,6	11,0	8,9	107,5	84,9
Жовтень	13,9	13,0	7,1	7,1	10,9	11,5	103,3	106,6
Листопад	8,7	8,8	6,9	6,9	6,9	6,9	58,2	58,0
Грудень	3,8	3,8	7,2	7,2	5,6	4,9	42,4	36,7

Примітка: у табл. 1–3: 1– поверхневий горизонт; 2 – придонний горизонт

Як показали дослідження, гідрологічні умови, з одного боку, і значний антропогенний вплив – з іншого, в сукупності з гідробіологічним чинником, зумовили особливості формування режиму розчиненого у воді кисню і, як наслідок, гідрохімічного режиму водойми в цілому та біогенних речовин зокрема.

Як видно з табл. 1, протягом року вміст кисню у поверхневому шарі води був досить високим, крім зимового періоду. Найвищий вміст кисню відмічали у травні – 14,6 мг/дм³, що становило 147,3% насичення, а також у червні – 13,8 мг/дм³ (134,7% насичення). Такий кисневий режим є важливим чинником у процесі самоочищення водойми з уповільненим водообміном. Він безпосередньо впливає на активізацію мікробіологічних процесів у поверхневому шарі води і прискорює розкладання органічних речовин.

Характерна особливість кисневого режиму оз. Вербного – це наявність у придонних шарах зон із значним дефіцитом кисню. Перші ознаки виникнення в озері

анаеробних умов проявилися вже навесні у значному градієнті вертикального розподілу розчиненого кисню у пелагіальній частині озера. На початку березня середня концентрація розчиненого у воді кисню у поверхневому шарі досягала 11,6 мг/дм³, а в придонному не перевищувала 8,7 мг/дм³. Ще помітніше збільшення вертикального градієнту вмісту розчиненого кисню спостерігали влітку. У глибоководному придонному шарі води пелагіалі оз. Вербного концентрація кисню знизилася до нульового значення, а в поверхневому шарі досягала 149% насичення. Відомо, що в період різкого зниження вітрової активності за наявності стійкої температурної стратифікації виникнення анаеробних зон досить поширене явище [11]. В цілому ж, за середньорічним показником 82,4% насичення киснем вода оз. Вербного відповідала 3-му класу якості – задовільної чистоти [5].

Перманганатна і біхроматна окиснюваності води. У табл. 2 наведена динаміка внутрішньорічного визначення ПО і БО – інтегральних показників вмісту відповідно легкоокиснюваних і важкоокиснюваних РОР у воді. Зміна концентрації розчинених органічних сполук протягом року свідчить про широкий діапазон коливань названих показників. Так, величини ПО й БО змінювалися у межах 5,5–20,4 мг О/дм³ та 24,5–53,9 мг О/дм³ відповідно. Мінімальні середні значення ПО й БО в обох шарах води припадали на зимовий період. Хоча велика частина водозбірної території озера зайнята житловими масивами, навесні під час повені суттєво збільшується поверхневий стік (у тому числі стік органічних речовин), певну частину серед важкоокиснюваних РОР можуть становити забруднювальні речовини. В травні-липні спостерігали максимальний вміст РОР у воді на фоні її інтенсивного “цвітіння”, а восени – знову поступове зниження їхньої загальної концентрації в обох шарах води, що свідчить про природну самоочисну здатність озера.

Таблиця 2. Внутрішньорічна динаміка перманганатної і біхроматної окиснюваностей води оз. Вербного

Місяць	ПО, мг О/дм ³		БО, мг О/дм ³	
	1	2	1	2
Січень	7,1	-	31,3	-
Лютий	5,5	5,9	25,9	30,0
Березень	9,5	9,0	24,5	24,0
Квітень	14,6	9,5	47,4	44,1
Травень	20,4	14,3	52,4	45,7
Червень	19,5	18,6	49,0	43,1
Липень	20,8	18,7	53,9	47,8
Вересень	12,9	9,7	39,5	37,5
Жовтень	10,4	9,8	35,2	32,0
Листопад	9,3	9,0	34,6	31,0
Грудень	6,4	7,2	30,0	32,3

Порівнюючи загальний вміст РОР за показниками ПО і БО у двох горизонтах води, можна спостерігати незначне перевищення їхньої концентрації у поверхневому шарі протягом року, що узгоджується з гідрологічною характеристикою озера як водойми з уповільненим водообміном [10]. Треба зазначити, що хоча найвищий вміст РОР у воді припадав на липень, джерела їхнього формування у поверхневому і придонному шарах різні. У поверхневому шарі це, найперше, продукційно-деструкційні процеси, пов'язані з високою фотосинтетичною активністю фітопланктону. У придонному – важливу роль відіграє десорбція органічних речовин з донних відкладів внаслідок стійкого дефіциту кисню і відповідного йому зниження рН (див. табл. 1).

Гумусові кислоти, фульвокислоти, вуглеводи, білковоподібні речовини.
Результати спостережень за сезонною динамікою вмісту окремих груп РОР у воді представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Сезонна динаміка вмісту окремих груп РОР у воді оз. Вербного

Сезон	ГК, мг/дм ³		ФК, мг/дм ³		В, мг/дм ³		БПР, мг/дм ³	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Зима	0,40	0,31	4,0	4,8	0,90	1,25	0,41	0,49
Весна	0,60	0,25	5,0	3,9	2,34	1,87	0,52	0,31
Літо	0,42	0,35	5,3	5,1	3,43	2,57	0,75	0,64
Осінь	0,07	0,05	3,6	2,9	2,05	1,68	0,46	0,36

Сезонний розподіл концентрацій кожної з досліджуваних груп органічних сполук відповідав у часі продукційно-деструкційним процесам у водоймі і в основному співпадав зі змінами загального вмісту РОР (табл. 2). ФК, В і БПР досягали максимального вмісту влітку (5,3; 3,43 і 0,75 мг/дм³ відповідно), що пов'язано, як було сказано, з високою фотосинтетичною активністю фітопланктону. Лише концентрації ГК в обох горизонтах води були найвищими у весняно-літній період (0,60 і 0,35 мг/дм³ відповідно). Потрібно зазначити, що значну частку гумусових речовин навесні становлять алохтонні ГК і ФК, які надходять у воду внаслідок повені. Влітку, як відомо, гумусові сполуки у водоймах з уповільненим водообміном представлені також автохтонним водяним гумусом, частка якого у порівнянні з алохтонним є незначною.

Восени спостерігали поступове зниження концентрацій усіх розчинених органічних сполук на фоні високих показників насичення води киснем (табл. 1). Така динаміка вмісту зазначених речовин у воді різних досліджуваних ділянок демонструє хорошу самоочисну здатність оз. Вербного. Найменший вміст ГК і ФК відмічали восени (0,30 і 2,90 мг/дм³ відповідно); В і БПР – взимку (0,85 і 0,37 мг/дм³ відповідно).

Біогенні речовини (сполуки неорганічного азоту, фосфору та кремнію).
Проведені у 2018–2019 рр. дослідження показали, що внутрішньорічний розподіл вмісту біогенних речовин у оз. Вербному – водоймі з високим рівнем трофності – формувався за сукупної дії багатьох чинників різної природи: сезонного, гідрологічного, біологічного тощо. Погодні умови суттєвим чином вплинули на концентрацію біогенних речовин, але майже не порушили тенденцію їхніх сезонних змін.

Найбільших змін зазнавали сполуки мінерального азоту. Якщо у 2018 р. вміст амонійного азоту (NH₄⁺) за анаеробних умов у придонному шарі води досягав 8,415 мг N/дм³, то у 2019 р. його концентрація не перевищувала 1,285 мг N/дм³. Встановлено, що сезонна динаміка амонійного азоту у воді оз. Вербного характеризувалася максимальними значеннями влітку та мінімальними взимку.

Саме за сукупної дії зазначених чинників і відбулося значне середньорічне зменшення вмісту амонійного азоту і підвищення вмісту його нітритної та нітратної форм. Так, у 2018 р. вміст нітритного азоту (NO₂⁻) у поверхневому та придонному горизонтах водойми коливався в широких межах – від 0,005 до 0,650 мг N/дм³. Дослідження, проведені у 2019 р., показали, що маловодність, висока температура, надмірне “цвітіння” води та інші чинники порушили залежність між сезонними змінами цієї форми азоту та вмістом розчиненого кисню, яка спостерігалася раніше. Для зазначеного періоду досліджень характерним був доволі рівномірний у часі розподіл вмісту нітритного азоту з максимальними значеннями навесні та мінімальними в зимовий період, коли водойма була вкрита кригою. Влітку ця

залежність зберігалася. У придонному шарі води пелагіальної частини озера за анаеробних умов саме в цю пору року відзначали максимальний вміст нітритного азоту.

Разом з тим у воді озера спостерігалось суттєве підвищення вмісту і нітратної форми мінерального азоту (NO_3^-), який коливався в межах від 0,009 до 0,315 мг N/дм³. Сезонна мінливість цієї форми неорганічного азоту характеризувалась мінімальними значеннями протягом вегетаційного періоду та максимальними восени, що обумовлено впливом гідробіологічного чинника. Саме ця форма азоту є найбільш важливою для розвитку та життєдіяльності гідробіонтів, насамперед, фітопланктону і вищої водної рослинності. Нітратна форма є найбільш стійкою формою мінерального азоту, тому вона зазнала найменшого впливу дефіциту розчиненого у воді кисню.

Ще більшою мірою сезонні зміни вплинули на вміст і внутрішньорічну динаміку фосфат-іонів (PO_4^{3-}) та кремнію (Si). Як визначено, їхній вміст у воді водойми за період спостережень коливався від нульових концентрацій до 0,540 мг P/дм³ та від 2,350 до 13,250 мг/дм³ відповідно. Аномальна спека та низька кількість опадів влітку і восени, різке зниження рівня води тощо обумовили не лише підвищення концентрації фосфат-іонів у водоймі, але й докорінно змінили їхню сезонну динаміку. Дослідженнями встановлено, що у 2019 р. максимальні концентрації фосфатів у поверхневому горизонті води спостерігали на початку весняного періоду, що, вочевидь, пов'язано з їхнім надходженням з поверхневим стоком, а мінімальні – влітку на тлі інтенсифікації процесів фотосинтезу. Проведені дослідження показали, що режим та динаміка вмісту фосфат-іонів та розчиненого кремнію співпадає як у часі, так і в просторі.

В той же час, слід зазначити, що саме виникнення анаеробних умов влітку в придонному горизонті пелагіальної частини водойми обумовили максимальний вміст не лише фосфат-іонів, а й розчиненого кремнію.

Висновки. Таким чином, дослідження мінливості розподілу біогенних речовин (неорганічних форм азоту, фосфору і кремнію) у взаємозв'язку із вмістом розчиненого у воді кисню, а також внутрішньорічної і сезонної динаміки загального вмісту РОР та окремих груп РОР (ГК, ФК, В та БПР) підтвердили евтрофний статус оз. Вербного.

Протягом 2018–2019 рр. вміст кисню та насичення киснем були вищими у поверхневому шарі води. За середньорічним показником (82,4% насичення киснем) вода оз. Вербного відповідала 3-му класу якості – задовільної чистоти. Але отримані дані показали всю складність і неоднозначність внутрішньоводоймових процесів в урбанізованих озерних екосистемах з уповільненим водообміном. Дефіцит кисню взимку в період тривалого льодоставу, виникнення анаеробних умов у глибоководних придонних шарах води влітку різко погіршують якість води в гіполімніоні. Такі умови сприяють десорбції з донних відкладів органічних та біогенних речовин, насамперед сполук азоту та фосфору, що призводить до вторинного забруднення водного середовища.

Як було визначено, вміст і характер сезонних змін концентрацій органічних і біогенних речовин у воді протягом року цілком відповідав продукційно-деструкційним процесам у водоймі. У сезонній і внутрішньорічній динаміці загальної концентрації РОР спостерігали значні коливання їхніх величин. Максимальні показники ПО і БО в обох шарах води припадали на літній період. Але якщо високий вміст органічних сполук у поверхневому шарі (на фоні достатнього насичення води киснем) зазвичай свідчить про активний перебіг продукційних процесів у водоймі, то підвищення концентрації РОР у придонному шарі за різкого дефіциту кисню може бути наслідком їхньої десорбції з донних відкладів. Загальною закономірністю розподілу окремих груп РОР (ФК, В і БПР) було їхнє домінування влітку в усій товщі

води, лише ГК переважали у весняно-літній період.

Вміст у воді біогенних речовин вирізнявся не тільки сезонною, а й річною мінливістю. Але загальною тенденцією їхнього розподілу у поверхневому горизонті води було підвищення концентрацій нітритної і нітратної форм азоту та фосфат-іонів і кремнію навесні, а також мінімальні їхні значення влітку під час вегетаційного періоду. У придонному горизонті води, навпаки, влітку спостерігали максимальний вміст всіх названих компонентів за стійкого дефіциту кисню і відповідного зниження рН.

Ще одним чинником, що впливає на міграцію органічних та біогенних речовин у природних водоймах, є посилення антропогенного тиску, внаслідок якого, з одного боку, змінюються гідродинамічні умови у водних об'єктах і стимулюються процеси їхньої евтрофікації, а з іншого, відбувається пряме забруднення води органічними і біогенними сполуками. Вплив антропогенного чинника може бути зменшений за умови інтенсивного перемішування водних мас і застосування штучної аерації.

Список літератури

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с. 2. *Афанасьева О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г.* Екологічний стан київських водойм. К.: Фітосоціцентр, 2010. 256 с. 3. *Дебейко Е.В., Рябов А.К., Набиванец Б.И.* Прямое фотометрическое определение растворимых белков в природных водах. Гидробиол. журн. 1973. Т. 9. № 6. С. 109–113. 4. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін. / за ред. В.Д. Романенка. К.: Логос, 2006. 408 с. 5. *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями* / В.Д. Романенко В.М. Жукинський, О.П. Оксіук, та ін. / за ред. В.Я. Шевчука. К.: Символ-Т, 1998. 28 с. 6. *Осадчий В.І., Осадча Н.М., Мостова Н.М.* Вплив урбанізованих територій на хімічний склад поверхневих вод басейну Дніпра. Наук. пр. УкрНДГМІ. 2002. Вип. 250. С. 242–261. 7. *Попович Г.М.* Сорбционное концентрирование и спектрофотометрическое определение гуминовых и фульвокислот в водах: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. К.: 1990. 23 с. 8. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 542 с. 9. *Сироткина И.С., Варшал Г.М., Лурье Ю.Ю., Степанова Н.П.* Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод. Журн. аналит. химии. 1974. Т. 29. № 8. С. 1626–1632. 10. *Хильчевський В.К., Бойко В.К.* Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків Києва. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2005. Т. 2. С. 529–535. 11. *Шилькрот Г.С.* Биогеохимические процессы и потоки веществ и энергии в нарушенных водных экосистемах. Изв. РАН. Серия: География. 2008. № 3. С. 35–44.

References

1. *Alekin O.A.* Osnovy gidrohimii. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 444 s. 2. *Afanas'ieva O.A., Bahats'ka T.S., Olianyts'ka L.H.* Ekolohichnyj stan kyivs'kykh vodojm. K.: Fitosotsintsent, 2010. 256 s. 3. *Debeiko E.V., Rjabov A.K., Nabivanec B.I.* Prjamoe fotometricheskoe opredelenie rastvorimyh belkov v prirodnyh vodah. Gidrobiol. zhurn. 1973. T. 9. № 6. S. 109–113. 4. *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen' poverkhnevykh vod* / O.M. Arsan, O.A. Davydov, T.M. D'iachenko ta in. / za red. V.D. Romanenka. K.: Lohos, 2006. 408 s. 5. *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy* / V.D. Romanenko V.M. Zhukyns'kyj, O.P. Oksiuk, ta in. / za red. V.Ya. Shevchuka. K.: Symvol-T, 1998. 28 s. 6. *Osadchij V.I., Osadcha N.M., Mostova N.M.* Vplyv urbanizovanykh terytorij na khimichnyj sklad poverkhnevykh vod basejnu Dnipra. Nauk. pr. UkrNDHMI. 2002. Vyp. 250. S. 242–261. 7. *Popovich G.M.* Sorbcionnoe koncentrirovanie i spektrofotometricheskoe opredelenie guminovykh i ful'vokislot v vodah: Avtoref. dis. ... kand. him. nauk. K.: 1990. 23 s. 8. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnykh vod sushi* / pod red. A.D. Semenova. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 542 s. 9. *Sirotkina I.S., Varshal G.M., Lur'e Ju.Ju., Stepanova N.P.* Primenenie celljuloznyh sorbentov i sefadeksov v sistematicheskom analize organicheskikh veshhestv prirodnyh vod. Zhurn. analit. himii. 1974. T. 29. № 8. S. 1626–1632. 10. *Khil'chevs'kyj V.K., Bojko V.K.* Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka ozer i stavkiv Kyieva. Hidrolohiia, hidrokhimii i hidroekolohiia, 2005. T. 2. S.

529–535. **11.** *Shil'krot G.S. Biogeoхимические процессы и потоки веществ и энергии в нарушенных водных экосистемах. Изв. РАН. Серия: География. 2008. № 3. С. 35–44.*

Внутрішньорічний розподіл органічних та біогенних речовин у воді озера Вербного (м. Київ)

Осипенко В.П., Морозова А.О.

Представлені та проаналізовані результати досліджень розподілу розчинених органічних і біогенних речовин у поверхневому та придонному горизонтах води озера Вербного у 2018-2019 рр. А саме: визначені внутрішньорічні величини загального вмісту органічних речовин за показниками перманганатної і біхроматної окиснюваностей води, а також сезонна динаміка концентрації їхніх окремих компонентів (гумінових кислот, фульвокислот, вуглеводів і білковоподібних речовин) у воді. Вивчені зміни вмісту біогенних речовин (сполук неорганічного азоту, фосфору та кремнію) залежно від сезонного чинника. Наведені основні гідрохімічні характеристики води: рН, концентрація розчиненого кисню, ступінь насичення води киснем.

Ключові слова: розчинені органічні речовини; біогенні речовини; внутрішньорічна динаміка.

Внутригодовое распределение органических и биогенных веществ в воде озера Вербного (г. Киев)

Осипенко В.П., Морозова А.А.

Представлены и проанализированы результаты исследования распределения растворенных органических и биогенных веществ в поверхностном и придонном горизонтах воды озера Вербного в 2018-2019 гг.. А именно: определены внутригодовые величины общего содержания органических веществ по показателям перманганатной и бихроматной окисляемостей воды, а также сезонная динамика концентрации их отдельных компонентов (гуминовых кислот, фульвокислот, углеводов и белковоподобных веществ) в воде. Изучены изменения содержания биогенных веществ (соединений неорганического азота, фосфора и кремния) в зависимости от сезонного фактора. Приведены основные гидрохимические характеристики воды: рН, концентрация растворенного кислорода, степень насыщения воды кислородом.

Ключевые слова: растворенные органические вещества, биогенные вещества; внутригодовая динамика.

Annual distribution of the organic and nutrient substances in water of the Verbne lake (Kyiv city)

Osyenko V.P., Morozova A.O.

The results of investigations of the dissolved organic substances and nutrients distribution in surface and bottom water of the Verbne lake in 2018-2019 are presented and analysed. In particular the annual values of the total dissolved organic substances content by parameters of permanganate and bichromate oxidizabilities are defined. Also the seasonal dynamics of such different organic compounds as humic acids, fulvic acids, carbohydrates and protein-like substance in surface and bottom water are considered. The concentration alterations of the nitrogen, phosphorus and silicon combinations of nutrients from seasonal factor are studied. The major hydrochemical characters of water (pH, dissolved oxygen concentration, degree of oxygen saturation of water, chemical oxygen demand) and their correlation with the seasonal changes of the general dissolved organic substances content and nutrient compounds are adduced. The traditional seasonal distribution of these organic substances indicates a good self-cleaning ability of the Verbne lake.

The received results testify that the investigated Verbne lake belong to a eutrophic reservoir in which hydrobionts actively develop and there are important processes of accumulation and destruction of these substances that essentially influences on their component composition. The ecological features of the chemical composition of this water object are largely determined both by natural processes and anthropogenic pressure, which is manifested not only in the direct entering into the water products of human activity, but also indirectly, as a result of changes in the physical, chemical and biological factors in the aqueous environment. Monitoring of annual and seasonal changes of the total and components content dissolved organic substances and nutrients in the water along with other hydrochemical and hydrobiological indices makes it possible to assess the ecological state of water objects.

Keywords: dissolved organic matters; nutrients; annual dynamics.

Надійшла до редколегії 26.12.2019

Клоченко П.Д.¹, Горбунова З.Н.¹, Шевченко Т.Ф.¹, Вітовецька Т.В.²

¹Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

²Київський національний університет будівництва та архітектури

НЕОРГАНІЧНІ ТА ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ У ВОДОЙМАХ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ "ОЛЕКСАНДРІЯ" (м. БІЛА ЦЕРКВА)

Ключові слова: сполуки неорганічного азоту і фосфору; хлориди; перманганатна та біхроматна окиснюваність; розчинений кисень; ставки; дендропарк "Олександрія".

Вступ. Проблема антропогенного забруднення поверхневих вод набула особливої актуальності у ХХ сторіччі. Вплив антропогенного пресу на водойми пов'язують в основному з надходженням в них стічних вод промислових і комунально-побутових підприємств, а також зі стоком з сільськогосподарських угідь. Крім того, важливим чинником негативного впливу на водойми можуть бути й випадкові (аварійні) надходження різноманітних неорганічних і органічних речовин. Враховуючи глобальні масштаби антропогенного впливу на водні об'єкти, існує реальна загроза потрапляння поллютантів не тільки у звичайні природні водойми і водотоки, але й у водні екосистеми, що знаходяться на територіях природно-заповідного фонду. Яскравим прикладом цього може слугувати дендрологічний парк "Олександрія" (м. Біла Церква).

Аналіз попередніх досліджень. У 1990 році в поверхневих водах дендропарку були виявлені нафтопродукти, що стало поштовхом для початку еколого-геохімічних робіт на даній території [4]. Наступні дослідження, які були проведені у 1995–2001 рр., засвідчили, що ставки Західної балки забруднені не тільки нафтопродуктами і важкими металами, але й сполуками неорганічного азоту [5]. Так, наприклад, максимальний вміст амонійного азоту в ставку Потерчата (перший в каскаді) досягав значень 281,00 мг/дм³, нітритного і нітратного азоту, відповідно, 2,32 і 140,00 мг/дм³. Більш високі концентрації сполук неорганічного азоту були зареєстровані в ставку Русалка (другий в каскаді) і становили: для NH₄⁺ – 660,00 мг N/дм³, NO₂⁻ – 9,13 мг N/дм³ і NO₃⁻ – 123,41 N/дм³. Максимальний вміст сполук неорганічного азоту у ставку Водяник (третій в каскаді) становив: NH₄⁺ – 286,28 мг N/дм³, NO₂⁻ – 6,60 мг N/дм³ і NO₃⁻ – 67,11 мг N/дм³.

Дослідження, які були проведені співробітниками Інституту гідробіології НАН України у 2003–2004 рр., показали, що забруднення водойм Західної балки залишається на високому рівні [3]. Зокрема, концентрація амонійного азоту в ставку Потерчата знаходилась в межах 4,3–136,9 мг/дм³, нітритного – 0,15–0,85 мг/дм³ і нітратного – 9,67–57,75 мг/дм³. Ставок Русалка характеризувався значно вищими значеннями гідрохімічних показників. Так, вміст NH₄⁺ тут коливався від 43,6 до 862,2 мг N/дм³, NO₂⁻ – від 1,47 до 6,06 мг N/дм³ і NO₃⁻ – від 9,74 до 115,40 мг N/дм³. У ставку Водяник концентрація сполук неорганічного азоту була помітно нижчою порівняно з першими двома ставками і становила: NH₄⁺ – 20,4–71,5 мг N/дм³, NO₂⁻ – 0,01–1,83 мг N/дм³ і NO₃⁻ – 15,00–29,87 мг N/дм³.

Дослідження, які були проведені у 2003–2004 рр., засвідчили, що водойми Західної балки характеризуються також високим вмістом хлоридів і сульфатів. Так, їхня концентрація в першому ставку знаходилась в межах, відповідно, 232–829 мг/дм³ і 61–334 мг/дм³, а в другому становила 345–684 мг/дм³ і 33–339 мг/дм³ [1].

На думку фахівців, які проводили геохімічні роботи на території парку в період з 1990 до 1993 рр. та у 2001 р., забруднення вод Західної балки сполуками азоту,

скоріш за все, зумовлено аварійними викидами каналізаційного колектору житлового масиву "Гайок", а також надходженнями зі складів "Агрохімоб'єднання" і селекційної станції, які розташовані за межами дендропарку вище за потоком ґрунтових вод [4].

Метою даного дослідження було визначення вмісту сполук неорганічного азоту і фосфору, хлоридів та органічних речовин, а також розчиненого кисню у 11-ти ставках, що знаходяться на території дендрологічного парку "Олександрія".

Об'єкт і методика досліджень. Відбір зразків води проводили в літній період 2016–2018 рр. із ставків, які наповнюються за рахунок джерел та розташовані у вигляді каскадів у Західній, Середній і Східній балках дендропарку. Детальний опис ставків наведений у нашій попередній роботі [2]. Варто зазначити, що на березі деяких ставків (Скельний, Поповича і Холодний) у їх верхній частині знаходяться джерела з питною водою, яка стікає у ці водойми. Характерною рисою ставка Русалка є вихід на поверхню його лівого берега ґрунтових вод з екстремально високою концентрацією сполук неорганічного азоту [3].

Вміст сполук неорганічного азоту і фосфору визначали колOMETричним методом, концентрацію хлоридів – методом Мора, а кількість розчинених органічних речовин оцінювали за перманганатною і біхроматною окиснюваністю [6]. Вміст кисню у воді встановлювали, використовуючи метод Вінклера [6]. Величину рН вимірювали за допомогою приладу рН-150 МИ.

Результати досліджень. Найбільш повно віддзеркалює гідрохімічний режим водойм або водотоків рівень біогенів, в першу чергу, азоту і фосфору. Саме високий вміст цих елементів призводить до значного погіршення екологічного стану водного середовища.

Проведені дослідження показали, що водойми дендропарку "Олександрія" суттєво відрізняються за вмістом сполук неорганічного азоту. Так, наприклад, якщо середня концентрація амонійного азоту в ставках Східної балки коливалась від 0,10 до 0,16 мг N/дм³, а в ставках Середньої балки знаходилась в межах 0,17–0,26 мг N/дм³, то в ставках Західної балки вона становила 24,43–128,00 мг N/дм³ (табл. 1). Необхідно також зазначити, що водойми Східної і Середньої балок мало відрізнялись між собою за мінімальними і максимальними величинами вмісту амонійного азоту, тоді як для водойм Західної балки ця різниця була досить суттєвою. Так, зокрема, мінімальні значення вмісту амонійного азоту у каскаді ставків Західної балки знаходились в межах 12,00–103,00 мг N/дм³, а максимальні – коливались від 38,50 до 160,00 мг N/дм³.

Стосовно ділянки р. Рось, яка прилягає до території дендропарку і приймає води трьох каскадів ставків, можна зазначити, що вміст амонійного азоту в річковій воді знаходився в межах 0,10–0,21 мг N/дм³, а в середньому становив 0,17 мг N/дм³ (див. табл. 1).

Нітрити є проміжним продуктом у циклі азотовмісних сполук. На їхню кількість впливають процеси нітрифікації, денітрифікації і поглинання водяними рослинами. Аналізи проб води, відібраних у літній період у водоймах дендропарку "Олександрія", показали, що найбільший вміст цих сполук спостерігається у ставках Західної балки. Так, середня концентрація NO₂⁻ у воді була тут в межах 0,965–1,763 мг N/дм³, тоді як в ставках Середньої балки вона змінювалась від 0,014 до 0,101 мг N/дм³, а в ставках Східної балки становила 0,041–0,056 мг N/дм³ (див. табл. 1). Характеризуючи розподіл нітритів по акваторії досліджуваних каскадів, необхідно зазначити, що у водоймах Західної і Середньої балок концентрація NO₂⁻ зменшувалась від верхнього до нижнього ставка, тоді як найбільша середня концентрація нітритів для водойм Східної балки зареєстрована в нижньому ставку, в який скидають свої води два верхні ставки. Важливо також підкреслити, що

максимальний вміст нітритів протягом 2016–2018 гг. спостерігався у ставку Потерчата і становив 2,213 N/дм³.

Варто звернути увагу і на той факт, що у річці Рось концентрація нітритного азоту була значно меншою, ніж у ставках, і коливалась в межах 0,002–0,007 мг N/дм³ (див. табл. 1).

Таблиця 1. Межі коливань і середні значення вмісту сполук неорганічного азоту і фосфору, а також хлоридів у ставках дендрологічного парку "Олександрія"

Ставки	Інгредієнти				
	NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	P _{неорг.} , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³
Західна балка					
Потерчата	<u>103,00–160,00</u> 128,00	<u>1,130–2,213</u> 1,763	<u>52,00–81,25</u> 67,35	<u>0,060–0,200</u> 0,110	<u>690,9–795,7</u> 748,8
Русалка	<u>64,00–89,50</u> 75,83	<u>1,538–1,950</u> 1,746	<u>48,00–73,75</u> 59,92	<u>0,076–0,120</u> 0,094	<u>553,8–580,5</u> 563,3
Водяник	<u>28,00–43,00</u> 34,00	<u>0,988–1,388</u> 1,235	<u>21,50–38,75</u> 31,92	<u>0,132–0,154</u> 0,145	<u>283,5–308,4</u> 296,2
Скельний	<u>12,00–38,50</u> 24,43	<u>0,730–1,288</u> 0,965	<u>14,50–27,50</u> 20,17	<u>0,135–0,272</u> 0,185	<u>274,5–287,1</u> 279,6
Середня балка					
Акваріум Золотої Рибки	<u>0,05–0,32</u> 0,17	<u>0,047–0,188</u> 0,101	<u>1,58–2,56</u> 2,23	<u>0,176–0,470</u> 0,300	<u>37,7–39,4</u> 38,4
Лебединий	<u>0,18–0,33</u> 0,26	<u>0,050–0,065</u> 0,055	<u>0,48–0,65</u> 0,58	<u>0,065–0,181</u> 0,135	<u>35,1–38,7</u> 36,7
Поповича	<u>0,06–0,34</u> 0,17	<u>0,022–0,047</u> 0,031	<u>0,54–2,40</u> 1,69	<u>0,075–0,149</u> 0,106	<u>33,0–34,5</u> 33,6
Срібний Серпанок	<u>0,08–0,28</u> 0,18	<u>0,002–0,028</u> 0,014	<u>0,03–0,13</u> 0,09	<u>0,041–0,135</u> 0,082	<u>33,0–35,4</u> 34,3
Східна балка					
Холодний	<u>0,04–0,24</u> 0,13	<u>0,018–0,054</u> 0,041	<u>2,03–4,00</u> 2,78	<u>0,080–0,215</u> 0,148	<u>75,8–80,2</u> 77,4
Дзеркальний	<u>0,02–0,18</u> 0,10	<u>0,035–0,047</u> 0,042	<u>5,62–7,00</u> 6,19	<u>0,032–0,090</u> 0,059	<u>71,1–79,3</u> 74,9
Лазневий	<u>0,04–0,24</u> 0,16	<u>0,036–0,068</u> 0,056	<u>2,96–4,88</u> 3,64	<u>0,047–0,088</u> 0,070	<u>73,0–80,6</u> 76,8
р. Рось в районі дендропарку					
р. Рось	<u>0,10–0,21</u> 0,17	<u>0,002–0,007</u> 0,005	<u>0,04–0,56</u> 0,24	<u>0,132–0,193</u> 0,153	<u>39,4–53,2</u> 47,0

Досліджувані ставки помітно відрізнялись і за вмістом у воді нітратного азоту. Так, середня концентрація нітратів у ставках Західної балки суттєво перевищувала їхню концентрацію у ставках Середньої і Східної балок: якщо в ставках першої балки вона знаходилась в межах 20,17–67,35 мг N/дм³, то у ставках другої – коливалась від 0,09 до 2,23 мг N/дм³, а в ставках третьої – досягала значень 2,78–6,19 мг N/дм³ (див. табл. 1). Характеризуючи гідрохімічний режим досліджуваних водойм, необхідно підкреслити, що вміст NO₃⁻ зменшувався від верхнього ставка до нижнього тільки в ставках Західної і Середньої балок, тоді як у ставках Східної балки такої закономірності не спостерігалось. Зокрема, найбільша середня концентрація нітратного азоту відмічена у ставку Дзеркальний, а найменша – у ставку Холодний. Варто також зазначити, що максимальний вміст нітратів протягом досліджуваного періоду зареєстрований в ставку Потерчата, де він становив 81,25 мг N/дм³.

Аналіз спостережень за хімічним складом води р. Рось показав, що середня концентрація нітратного азоту тут дорівнювала 0,24 мг N/дм³, а в цілому вона коливалася в межах 0,04–0,56 мг N/дм³ (див. табл. 1).

Відмічаючи особливості розподілу неорганічного фосфору у досліджуваних ставках, варто, перш за все, наголосити на тому, що його вміст характеризувався меншими відмінностями, ніж вміст сполук азоту. Так, середня концентрація сполук неорганічного фосфору в ставках Західної балки коливалась від 0,094 до 0,185 мг/дм³, в ставках Середньої балки вона знаходилась в межах 0,082–0,300 мг/дм³, а в ставках Східної балки становила 0,070–0,148 мг/дм³ (див. табл. 1).

Характеризуючи розподіл неорганічного фосфору по акваторії досліджуваних каскадів, необхідно підкреслити той факт, що у водоймах Середньої і Східної балок його середній вміст зменшувався від верхніх ставків до нижніх, тоді як у водоймах Західної балки, навпаки, його середня концентрація збільшувалась від першого ставка до останнього у каскаді.

Аналізуючи дані табл. 1, можна побачити, що на відміну від сполук неорганічного азоту, середня концентрація неорганічного фосфору у воді р. Рось була досить високою. Це є проявом збагачення річкової води сполуками фосфору за рахунок стічних вод комунально-побутових підприємств, а також стоку з сільськогосподарських угідь.

Загальновідомо, що при характеристиці гідрохімічного режиму водойм чільне місце належить вмісту головних йонів, а саме: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, SO₄²⁻ і Cl⁻. Серед факторів, які обумовлюють їхню концентрацію і динаміку у водних об'єктах, важливе значення мають не тільки джерела, що їх живлять, але й стічні води різного походження. Так, зокрема, підвищений вміст хлоридів у поверхневих водах є свідченням їхнього забруднення побутовими і промисловими стічними водами.

Амплітуда коливань вмісту хлоридів в літній період 2016–2018 рр. в ставках дендропарку "Олесандрія" наведена у табл. 1. Як бачимо, найбільшою концентрацією хлоридів характеризувались водойми Західної балки. Зокрема, їхній вміст у ставку Потерчата в середньому становив 748,8 мг/дм³, у ставку Русалка – 563,3 мг/дм³, у ставку Водяник – 296,2 мг/дм³ і в ставку Скельний – 279,6 мг/дм³.

Друге місце за кількістю хлоридів займали водойми Східної балки, де їхня середня концентрація знаходилась в межах 74,9–77,4 мг/дм³. І нарешті, найменшими концентраціями хлоридів у воді характеризувались ставки Середньої балки. Тут середній вміст зазначених сполук коливався від 33,6 до 38,4 мг/дм³ (див. табл. 1).

Важливо також зазначити, що досліджувані водойми за вмістом хлоридів об'єднує одна загальна риса – їхній вміст зменшується у напрямку від верхнього до нижнього ставка.

Аналіз даних, отриманих для Росі, свідчить про те, що річкова вода за вмістом хлоридів займала проміжне місце між ставками Східної та Середньої балок (див. табл. 1).

Визначення вмісту органічних речовин, які розчинені у природних водах, є однією із важливих завдань гідроекології і гідрохімії. Загальний вміст органічних речовин зазвичай оцінюють опосередковано за перманганатною і біхроматною окиснюваністю: перша вказує на кількість кисню, необхідного для окиснення легкоокиснюваних органічних речовин, а друга – на кількість кисню, необхідного для окиснення практично усіх органічних речовин, розчинених у воді. Як видно із табл. 2, найбільші середні величини перманганатної окиснюваності (ПО) були характерні для ставків Західної балки. При цьому спостерігалася певна тенденція – зменшення кількості легкоокиснюваних органічних речовин від верхнього ставка до нижнього. Щодо ставків Середньої і Східної балок, то середні значення ПО тут знаходились

практично в одних і тих самих межах: у першій балці вони коливались від 4,3 до 6,2, а у другій – від 4,1 до 5,5 мг О/дм³. На відміну від ставків Західної балки, значення ПО у ставках Середньої і Східної балок збільшувалися від верхньої до нижньої водойми.

Таблиця 2. Межі коливань і середні значення перманганатної і біохроматної окиснюваності, розчиненого кисню і рН води ставків дендрологічного парку "Олександрія"

Ставки	Інгредієнти			
	ПО, мг О/дм ³	БО, мг О/дм ³	О ₂ , мг/дм ³	рН
Західна балка				
Потерчата	<u>9,8–12,5</u> 10,9	<u>67,5–97,0</u> 83,5	<u>6,9–9,3</u> 8,3	<u>7,56–8,02</u> 7,79
Русалка	<u>9,0–12,1</u> 10,5	<u>42,0–81,0</u> 60,0	<u>10,6–13,8</u> 11,9	<u>7,57–8,21</u> 7,89
Водяник	<u>8,0–11,9</u> 9,6	<u>14,0–33,0</u> 25,8	<u>11,5–16,8</u> 13,4	<u>7,29–8,28</u> 8,14
Скельний	<u>6,8–11,4</u> 8,5	<u>16,8–19,0</u> 17,6	<u>10,8–15,0</u> 13,5	<u>7,95–8,26</u> 8,11
Середня балка				
Акваріум Золотої Рибки	<u>3,4–4,8</u> 4,3	<u>8,0–33,6</u> 19,2	<u>2,7–4,4</u> 3,8	<u>7,70–7,80</u> 7,70
Лебединий	<u>4,0–6,0</u> 5,3	<u>12,0–29,6</u> 20,5	<u>3,1–7,7</u> 5,6	<u>7,98–8,47</u> 8,23
Поповича	<u>4,3–6,8</u> 5,2	<u>10,0–28,8</u> 21,6	<u>6,0–8,4</u> 7,0	<u>7,76–8,07</u> 7,92
Срібний Серпанок	<u>5,4–7,3</u> 6,2	<u>14,0–25,6</u> 19,2	<u>4,6–13,0</u> 7,8	<u>7,53–8,49</u> 8,01
Східна балка				
Холодний	<u>3,6–5,0</u> 4,3	<u>12,0–33,6</u> 19,9	<u>9,0–12,4</u> 10,7	<u>7,62–8,27</u> 7,95
Дзеркальний	<u>3,2–4,8</u> 4,1	<u>22,0–32,0</u> 27,9	<u>13,9–19,2</u> 16,8	<u>7,79–7,98</u> 7,89
Лазневий	<u>4,3–6,1</u> 5,5	<u>20,0–54,0</u> 35,6	<u>8,2–14,2</u> 11,2	<u>7,91–8,13</u> 8,02
р. Рось в районі дендропарку				
р. Рось	<u>9,5–11,6</u> 10,5	<u>16,0–43,2</u> 32,4	<u>15,5–18,2</u> 16,8	<u>8,42–9,03</u> 8,73

Визначення кількості легкоокиснюваних органічних речовин у воді р. Рось показало, що їхня концентрація була на рівні водойм Західної балки (див. табл. 2).

Отримані нами дані свідчать про те, що найбільші середні значення біхроматної окиснюваності (БО) були характерні для двох перших ставків Західної балки (для ставка Потерчата – 83,5 мг О/дм³, а для ставка Русалка – 60,0 мг О/дм³) (див. табл. 2). Це свідчить про їхнє значне забруднення алохтонними органічними речовинами. Звертає на себе увагу і той факт, що середні значення БО були помітно меншими у двох інших ставках цього каскаду, що, ймовірно, зумовлено розведенням та відсутністю надходження органічних речовин із антропогенного джерела безпосередньо у ці водойми.

Серед водойм Східної балки найбільшим середнім значенням БО (35,6 мг О/дм³) характеризувався ставок Лазневий, який приймає води двох інших ставків – Холодного і Дзеркального, середні значення БО для яких становили, відповідно, 19,9 і 27,9 мг О/дм³.

Характерною особливістю ставків Середньої балки був низький вміст органічних речовин (середнє значення БО знаходилось в межах 19,2–21,6 мг О/дм³), тоді як для р. Рось воно було дещо вищим (див. табл. 2).

Важливим показником якості води є і концентрація розчиненого кисню, який визначає умови існування живих організмів і характеризує інтенсивність процесів розкладу органічних речовин. Наші спостереження засвідчили, що середні значення цього показника для водойм Західної і Середньої балок збільшувались від верхнього до нижнього ставка і становили: для першого каскаду – 8,3–13,5 мг/дм³, а для другого – 3,8–7,8 мг/дм³. Найбільша середня концентрація розчиненого у воді кисню (16,8 мг/дм³) серед досліджуваних водних об'єктів була відмічена для ставка Дзеркальний і р. Рось (див. табл. 2).

Хімічні аналізи води досліджуваних водойм показали, що величина активної реакції середовища (рН) у трьох каскадах ставків була досить подібною. Так, у ставках Західної балки середнє значення рН води знаходилось в межах 7,79–8,14, у ставках Середньої балки воно коливалось від 7,70 до 8,23, а в ставках Східної балки становило 7,89–8,02. Найбільша величина рН (9,03) зареєстрована у р. Рось, що, ймовірно, зумовлено більш інтенсивним перебігом фотосинтетичних процесів, наслідком яких є зменшення у воді двоокису вуглецю і підвищення концентрації іонів CO₃²⁻. Зі збільшенням кількості останніх зростає і рН води.

Висновки. Отримані дані свідчать про суттєве забруднення ставків дендропарку "Олександрія" неорганічними та органічними речовинами, кількість яких порівняно з минулими роками хоча і зменшилася, однак залишається ще досить високою. Найбільше занепокоєння викликають водойми Західної балки, які характеризуються значним вмістом сполук неорганічного азоту і хлоридів. Найвища концентрація неорганічного фосфору виявлена у першому ставку Середньої балки. Найбільшими значеннями біхроматної окиснюваності характеризуються два перших ставки Західної балки, що свідчить про їх значне забруднення органічними речовинами. Найгірший кисневий режим спостерігається у ставках Середньої балки. В цілому, невідкладною є розробка та реалізація комплексу дієвих заходів щодо оздоровлення досліджених водойм. Зокрема, першочерговим завданням є виявлення основного джерела забруднення ставків Західної балки сполуками неорганічного азоту і хлоридами та вжиття невідкладних заходів по обмеженню потрапляння забруднювальних речовин у паркові водойми. Для зменшення вторинного (з донних відкладів) забруднення водних мас та запобігання замуленню ставків необхідне вилучення донних відкладів до первинних ґрунтів. Слід також забезпечити додаткову аерацію води ставків Середньої балки за рахунок встановлення фонтанів, що дозволить запобігти формуванню анаеробних умов біля дна та зменшити інтенсивність вторинного забруднення води сполуками неорганічного азоту і фосфору.

Список літератури

1. Киризі́й Т.Я. Процеси міграції та трансформації речовин антропогенної природи у водоймах // Вісник Львівського ун-ту, 2014. Вип. 47. С. 152–156. 2. Ключенко П.Д., Шевченко Т.Ф., Незбрицкая И.Н., Белоус Е.П., Горбунова З.Н., Батог С.В. Продукционно-деструкционные характеристики фитопланктона водоемов с разной степенью загрязнения неорганическими и органическими соединениями азота и фосфора // Гидробиол. журн., 2019. 55, №1. С. 31–47. 3. Крот Ю.Г., Киризі́й Т.Я., Бабіч Г.Б., Леконцева Т.І. Динаміка гідрохімічного режиму каскаду водойм дендропарку "Олександрія" (м. Біла Церква) при надходженні неорганічних форм азоту з джерельними водами // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія, 2005. №1–2(25). С. 102–109. 4. Кулик С.М. Динаміка розповсюдження техногенного забруднення у біокосних системах території державного дендропарку "Олександрія" // Пошукова та екологічна геохімія, 2003. №2/3. С. 58–61. 5. Плескач А.Я.

Забруднення водойм дендропарку "Олександрія" та його вплив на стан рослинності // Інтродукція рослин, 2004. №2. С. 80–87. 6. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / Под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 542 с.

References

1. Kyryzjij T.Ya. Protsey mihratsii ta transformatsii rehovyn antropohennoi pryrody u vodojmakh // Visnyk L'vivs'koho un-tu, 2014. Vyp. 47. S. 152–156. 2. Klochenko P.D., Shevchenko T.F., Nezbrickaya I.N., Belous E.P., Gorbunova Z.N., Batog S.V. Produkcionno-destrukcionnye harakteristiki fitoplanktona vodoemov s raznoj stepenyu zagryazneniya neorganicheskimi i organicheskimi soedineniyami azota i fosfora // Hidrobiol. zhurn., 2019. 55, №1. S. 31–47. 3. Krot Yu.H., Kyryzjij T.Ya., Babich H.B., Lekontseva T.I. Dynamika hidrokhimichnoho rezhymu kaskadu vodojm dendroparku "Oleksandriia" (m. Bila Tserkva) pry nadkhodzhenni neorhanichnykh form azotu z dzherei nymy vodamy // Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biolohiia, 2005. №1–2(25). S. 102–109. 4. Kulyk S.M. Dynamika rozpovsiudzhennia tekhnohennoho zabrudnennia u biokosnykh systemakh terytorii derzhavnoho dendroparku "Oleksandriia" // Poshukova ta ekolohichna heokhimiia, 2003. №2/3. S. 58–61. 5. Pleskach A.Ya. Zabrudnennia vodojm dendroparku "Oleksandriia" ta joho vplyv na stan roslynnosti // Introduksiia roslyn, 2004. №2. S. 80–87. 6. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnykh vod sushi* / Pod red. A.D. Semenova. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 542 s.

Неорганічні та органічні речовини у водоймах дендрологічного парку "Олександрія" (м. Біла Церква)

Клоченко П.Д., Горбунова З.Н., Шевченко Т.Ф., Вітовецька Т.В.

Наведено результати досліджень вмісту сполук неорганічного азоту і фосфору, хлоридів та органічних речовин і розчиненого кисню в 11-ти ставках дендрологічного парку "Олександрія". Отримані дані свідчать про суттєве забруднення вище зазначених водойм неорганічними та органічними речовинами, кількість яких порівняно з минулими роками хоча і зменшилася, однак залишається ще досить високою. Найбільше занепокоєння викликають водойми Західної балки, які характеризуються значним вмістом сполук неорганічного азоту і хлоридів. Найвища концентрація неорганічного фосфору виявлена у першому ставку Середньої балки. Найбільшими значеннями біхроматної окиснюваності характеризуються два перших ставки Західної балки, що свідчить про їх значне забруднення органічними речовинами. Найгірший кисневий режим спостерігається у ставках Середньої балки. В цілому, невідкладною є розробка та реалізація комплексу дієвих заходів щодо оздоровлення досліджених водойм.

Ключові слова: сполуки неорганічного азоту і фосфору; хлориди; перманганатна та біхроматна окиснюваність; розчинений кисень; ставки; дендропарк "Олександрія".

Неорганические и органические вещества в водоемах дендрологического парка "Александрия" (г. Белая Церковь)

Клоченко П.Д., Горбунова З.Н., Шевченко Т.Ф., Витовецкая Т.В.

Представлены результаты исследований содержания соединений неорганического азота и фосфора, хлоридов и органических веществ, а также растворенного кислорода в 11-ти водоемах дендрологического парка "Александрия". Полученные данные свидетельствуют о существенном загрязнении вышеуказанных водоемов неорганическими и органическими веществами, количество которых по сравнению с прошлыми годами хотя и уменьшилось, но все еще остается довольно высоким. Наибольшее беспокойство вызывают водоемы Западной балки, которые характеризуются значительным содержанием соединений неорганического азота и хлоридов. Наиболее высокая концентрация неорганического фосфора обнаружена в первом пруду Средней балки. Наибольшими значениями бихроматной окисляемости характеризуются два первых пруда Западной балки, что свидетельствует об их существенном загрязнении органическими веществами. Самый неблагоприятный кислородный режим наблюдается в прудах Средней балки. В целом, неотложной задачей является разработка и реализация комплекса действенных мер по оздоровлению исследованных водоемов.

Ключевые слова: соединения неорганического азота и фосфора; хлориды; перманганатная и бихроматная окисляемость; растворенный кислород; пруды; дендропарк "Александрия".

Inorganic and organic substances in water bodies of the “Oleksandriya” Dendrological Park (the town of Bila Tserkva)

Klochenko P.D., Gorbunova Z.N., Shevchenko T.F., Vitovetska T.V.

The content of inorganic nitrogen and phosphorus compounds, chloride, organic matter, and dissolved oxygen was studied in 11 ponds of the “Oleksandriya” Dendrological Park. Samples were taken in summer 2016–2018 in the cascade of ponds located in the Western, Middle, and Eastern ravines of the park. The obtained data suggest that the studied ponds are significantly polluted by inorganic and organic substances, the amount of which remains still very high. The ponds of the Western ravine are characterized by the highest content of inorganic nitrogen compounds and chloride. Thus, in particular, the concentration of ammonium in the Poterchata pond accounted for 103.00–160.00 mg N/L, in the Rusalka pond – 64.00–89.50 mg N/L, in the Vodyanyk pond – 28.00–43.00 mg N/L, whereas in the Skelny pond – 12.00–38.50 mg N/L. The concentration of nitrite in the studied ponds accounted for respectively 1.130–2.213 mg N/L, 1.538–1.950 mg N/L, 0.988–1.388 mg N/L, and 0.730–1.288 mg N/L. The concentration of nitrate was also rather high. Thus, in the Poterchata pond it was 52.00–81.25 mg N/L, in the Rusalka pond – 48.00–73.75 mg N/L, in the Vodyayk pond – 21.50–38.75 mg N/L, whereas in the Skelny pond – 14.50–27.50 mg N/L. The concentration of chloride in the studied ponds accounted for respectively 690.9–795.7 mg/L, 553.8–580.5 mg/L, 283.5–308.4 mg/L, and 274.5–287.1 mg/L. The highest concentration of inorganic phosphorus (0.470 mg/L) was observed in one of the ponds of the Middle ravine. The highest values of dichromate oxidizability (97.0 and 81.0 mg O/L) were registered in the first two ponds of the Western ravine, which is indicative of their essential contamination by organic matter. The lowest concentration of the dissolved oxygen (3.8 mg/L) was observed in the ponds of the Middle ravine. The complex of measurements aimed at the improvement of the state of the ponds of the “Oleksandriya” Dendrological Park should be elaborated and realized. In particular, it is essential to reveal the main source of the pollution of the ponds of the Western ravine by inorganic nitrogen compounds and chloride, and also to keep them clear of pollutants.

Keywords: inorganic nitrogen and phosphorus compounds; chloride; permanganate and dichromate oxidizability; dissolved oxygen; ponds; the “Oleksandriya” Dendrological Park.

Надійшла до редколегії 16.01.2020

УДК [556.114:556.55](285.247.31)(477.82)

Морозова А.О.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА Р. ПІВДЕННИЙ БУГ ТА ОЛЕКСАНДРІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Ключові слова: головні іони; мінералізація води; біогенні речовини; сезонна динаміка.

Олександрівська ГЕС входить до складу Південно-Українського енергетичного комплексу та є важливим об'єктом у його складі. Будівництво ГЕС було розпочато на початку 1984 р., а в квітні 1999 р. Олександрівська ГЕС була введена в експлуатацію. Її плотина (висота 25 м) пересікає р. Південний Буг та утворює Олександрівське водосховище, що, в свою чергу, є нижнім водосховищем для Ташлицької гідроакумулюючої станції (ГАЕС). Олександрівське водосховище має комплексне призначення і використовується для потреб гідроенергетики (забезпечення роботи Олександрівської ГЕС та підтримки рівня води для Ташлицької ГАЕС), зрошення та питного водопостачання Миколаївської області. Олександрівський гідровузол має важливе значення для захисту населених пунктів, розташованих нижче за течією річки, від весняних паводків.

Матеріали та методи. Дослідження гіdroхімічного режиму р. Південний Буг та Олександрівського водосховища в межах Південно-Українського енергетичного комплексу проводились на протязі 2019 р. Проби для визначення компонентного складу природної води відбиралися з поверхневого та придонного горизонтів батометром Молчанова. В ході спостережень вивчався режим та динаміка

основних компонентів сольового складу, що визначають величину мінералізації водної маси та 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 дослідити закономірності режиму та динаміки основних гідрохімічних показників якості водного середовища та з їх допомогою встановити сучасний екологічний стан р. Південний Буг та Олександрівського водосховища в межах Південно-Українського енергетичного комплексу.

Робота виконувалась в межах проекту стосовно чергового можливого підняття рівня Олександрівського водосховища.

Результати досліджень та їх обговорення. Формування хімічного складу води р. Південний Буг відбувається за сукупної дії багатьох факторів, як природного, так і антропогенного характеру. Вочевидь, що враховуючи на те, що досліджувана ділянка річкової системи знаходиться в зоні безпосереднього впливу Південно-Українського енергокомплексу, роль антропогенної складової у формуванні якості її водного середовища підвищується.

Проведені нами дослідження показали, що хімічний склад води р. Південний Буг та Олександрівського водосховища характеризувався досить високими значеннями мінералізації, вмісту головних іонів, особливо сульфатних та загальної жорсткості. За період спостережень 2019 р. **мінералізація** р. Південний Буг та Олександрівського водосховища змінювалася в межах від 386,07 до 674,32 мг/дм³ (табл.1). Характерною особливістю води є домінування в її аніонному складі **сульфатних іонів (SO_4^{2-})**, вміст яких на досліджуваній ділянці річки характеризувався найбільшою мінливістю, коливаючись від 85,44 до 234,84 мг/дм³ (див. Табл.1). Домінуючими серед катіонного складу є **іони магнію (Mg^{2+})**, вміст яких варіював від 25,95 до 56,81 мг/дм³. Як відомо, іони магнію разом з іонами кальцію визначають **жорсткість** води. Проведені дослідження показали, що за значенням цього важливого показника якості водного середовища вода досліджуваної ділянки р. Південний Буг та Олександрівського водосховища відносилась до типу помірно жорстких-жорстких вод з межами коливань від 4,99 до 7,72 мг-екв/дм³ (див. табл.1). За вмістом **хлоридних іонів (Cl^-)** вода р. Південний Буг відноситься до прісних природних вод, а їх концентрація у воді була дещо підвищеною і змінювалася в межах від 42, 53 до 67,35 мг/дм³ (див. табл.1). Проведені дослідження дозволили встановити певну закономірність в просторовому розподілі головних іонів і мінералізації води р. Південний Буг. А саме: має місце тенденція поступового підвищення вмісту головних іонів та мінералізації води за подовжнім профілем річки. Встановлено, що за період спостережень максимальні значення мінералізації води, сульфатних іонів та **іонів кальцію (Ca^{2+})** спостерігалися на середній ділянці річки (с. Виноградний Сад) та на ділянці річки нижче греблі Олександрівської ГЕС.

Відомо, що з Ташлицького водосховища, час від часу робиться продувка з наступним скидом в річкову систему Південного Бугу. Встановлено, що на ділянці річки, нижче Ташлицької ГАЕС відбуваються процеси метаморфізації водної маси, що, в свою чергу, обумовлює суттєві зміни вмісту головних іонів, що визначають клас природних вод. Попередніми дослідженнями було встановлено, що хімічний склад води Ташлицького водосховища характеризувався досить значними показниками мінералізації води, яка визначалась, головним чином фізико-географічними умовами регіону, впливом засолених поверхневих та підземних вод. За сукупної дії цих факторів вода Південного Бугу поступово (в сезонному аспекті) змінює свій клас з $C^{Mg_{II}}$ на $S^{Mg_{II}}$.

Таблиця 1. Концентрація деяких головних іонів та мінералізації води у воді р. Південний Буг та Олександрівського водосховища в 2019 р.

№ п/п	Місце відбору проб	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Жорсткість, мг-екв./дм ³	Σ, мг/дм ³
1	р.Південний Буг, вище Олександрівського водосховища, с.Іванівка	158,60 – 186,05 166,53	46,08 – 56,71 50,33	85,44 – 131,52 113,86	5,05 – 5,72 5,27	386,07 – 503,44 445,7
2	р. Південний Буг, с.Прохорово	152,50 – 173,75 163,65	49,62 – 56,71 51,98	98,88 – 128,64 115,20	5,13 – 5,27 5,16	417,40 – 485,85 446,28
3	м.Південноукраїнськ, пляж	155,55 – 170,80 169,68	49,62 – 56,71 51,98	109,44 – 130,56 120,0	5,05 – 5,49 5,32	427,37 – 477,21 453,47
4	Олександрівське водосховище, в р-ні Ташлицької ГАЕС	146,40 – 179,95 164,33	46,08 – 56,71 50,51	96,0 – 170,88 126,0	5,99 – 6,08 5,34	399,05 – 547,16 458,41
5	Олександрівське водосховище, нижче с.Виноградний Сад	158,60 – 186,05 165,21	49,62 – 56,71 54,35	120,0 – 209,38 150,56	5,27 – 6,99 5,67	445,21 – 608,57 501,17
6	Олександрівське водосховище, середня частина, нижче пр. Бакшала	158,60 – 207,40 173,34	49,62 – 60,26 55,53	118,08 – 190,08 143,68	5,32 – 7,13 5,77	441,38 – 611,98 502,85
7	Олександрівське водосховище, вище греблі, правий берег	158,60 – 170,80 163,48	49,62 – 56,71 53,87	106,56 – 154,56 129,60	5,14 – 5,77 5,40	434,89 – 502,46 470,18
8	Олександрівське водосховище, в р-ні греблі, лівий берег	158,60 – 195,20 172,02	53,17 – 60,26 56,71	96,0 – 152,72 126,72	5,09 – 6,54 5,47	420,34 – 538,57 479,30
9	р. Південний Буг, нижче греблі Олександрівської ГЕС.	152,50 – 201,3 173,04	42,53 – 67,35 56,71	104,64 – 234,84 161,0	5,36 – 7,72 6,04	418,86 – 674,32 530,99
10	р. Південний Буг, м.Вознесенськ	152,5 – 170,8 161,05	49,62 – 56,71 53,17	104,64 – 120,0 112,32	5,09 – 5,31 5,20	415,26 – 475,40 445,33

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середні значення

Як зазначалося раніше, формування хімічного складу води р. Південний Буг відбувається за сукупної дії багатьох факторів, як природного, так і антропогенного характеру. Це в повній мірі вплинуло на сезонні зміни вмісту головних іонів та мінералізації води на цій ділянці річки. Дослідження показали, що в часовому аспекті має місце поступове зменшення від зимового періоду до літнього та підвищення восени мінералізації води та головних іонів, що її складають. Встановлено, що за дії факторів природного характеру, а саме: проходження весняної повені, мали місце значні зміни хімічного складу води р. Південний Буг та Олександрівського водосховища. В першу чергу це позначилось на вмісті головних іонів. Проведені нами дослідження показали, що в травні 2019 р. **мінералізація** води р. Південний Буг не перевищувала 546,42 мг/дм³. Тоді як в березні її максимальні значення сягали 674,32 мг/дм³. Зменшення мінералізації води відбулося, головним чином, за рахунок значного зниження вмісту **сульфатних іонів (SO_4^{2-}) та іонів (Mg^{2+})**. Якщо на попередньому етапі досліджень концентрація сульфатів підвищувалась до 234,84 мг/дм³, то в травні їх вміст не перевищував 168,0 мг/дм³. Не зважаючи на це, сульфатні іони, залишалися домінуючими в аніонному складі води. Зберігалася тенденція домінування в катіонному складі і іонів магнію, вміст яких варіював від 28,14 до 41,37 мг/дм³. Період літньої межени характеризувався подальшим зменшенням мінералізації води та вмісту головних іонів. А саме: вміст сульфатних іонів та іонів магнію не перевищував 135,36 мг/дм³ та 33,15 мг/дм³, відповідно. На тлі чого максимальні значення мінералізації води не перевищували 477,21 мг/дм³ (табл.2). Підвищення мінералізації води восени вочевидь обумовлено природними факторами. А саме: відомо, що в степовій зоні величина випаровування в літній період домінує над кількістю опадів, що в сукупній дії з незначною кількістю опадів восени, зумовило сезонні зміни мінералізації води та головних іонів. Головним чином, часові зміни мінералізації води відбуваються, головним чином, за рахунок сезонних коливань вмісту сульфатних іонів.(див.табл.2). За цих обставин, відбуваються і зміни класу води р. Південний Буг і Олександрівського водосховища. А саме: в зимовий період водні маси річки (за виключенням верхньої ділянки спостережень) відносяться до $S^{Mg_{II}}$ класу. Не дивлячись на суттєві зміни мінералізації води та вміст головних іонів, що її складають, проходження весняної повені і період літньої межени майже не вплинули на клас води р. Південний Буг та Олександрівського водосховища, але призвели до зміни її типу (с другого на третій), що свідчить про інтенсифікацію процесу метаморфізації річкової води. Але вже восени майже вся водна маса досліджуваної ділянки річки (за виключенням її верхньої частини) відносилась до $S^{Mg_{II-III}}$ класу.

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 вміст біогенних речовин, в першу чергу сполук азоту та фосфору, є одним з основних показників процесу евтрофування. Саме їх концентрація є індикатором рівня трофності водойм, зокрема від вмісту сполук азоту та фосфору залежить рівень розвитку та життєдіяльності гідробіонтів, які не лише утилізують їх в результаті своєї життєдіяльності, але і повертають назад у водойму у вигляді продуктів метаболізму, і є джерелом вторинного забруднення водойм. У свою чергу, від їх вмісту залежить не лише продуктивність річки, але і її санітарний стан. З іншого боку, дуже складно розділити дію двох головних процесів, що впливають на функціонування водних екосистем, а саме: евтрофування і забруднення, тісно зв'язаних і взаємообумовлених між собою. Частіше за все евтрофування є наслідком забруднення, а забруднення – евтрофування. Евтрофування може бути як позитивним чинником, що підвищує біологічну продуктивність водойм, так і негативним, що обумовлює порушення стійкості

екосистеми. Тоді як надходження забруднюючих речовин різної природи наводить лише до погіршення екологічного стану водойм, за неможливості більшості з них бути такими, що утилізуються в біологічному круговороті без збитку для екосистеми.

Таблиця 2. Сезонна мінливість гідрохімічних показників якості водного середовища р. Південний Буг та Олександрівського водосховища за період досліджень 2019 р.

№ п/п	Показник	зима	весна	літо	осінь
1	HCO_3^- , мг/дм ³	<u>170,8 – 207,4</u> 190,63	<u>158,6 – 176,9</u> 168,84	<u>152,5 – 170,8</u> 161,46	<u>146,4 – 173,75</u> 159,53
2	Cl^- , мг/дм ³	<u>56,71 – 67,35</u> 58,93	<u>49,62 – 60,26</u> 53,93	<u>42,53 – 53,17</u> 49,18	<u>49,62 – 60,26</u> 55,89
3	SO_4^{2-} , мг/дм ³	<u>131,52 – 234,84</u> 181,76	<u>85,44 – 145,92</u> 120,21	<u>96,0 – 135,36</u> 117,66	<u>121,92 – 157,44</u> 140,38
4	Жорсткість, мг-екв./дм ³	<u>5,54 – 7,72</u> 6,63	<u>5,04 – 5,86</u> 5,31	<u>5,09 – 5,45</u> 5,27	<u>5,0 – 5,82</u> 5,42
5	Σ^- , мг/дм ³	<u>494,24 – 674,32</u> 580,77	<u>386,07 – 546,42</u> 463,85	<u>415,26 – 477,21</u> 445,43	<u>432,26 – 512,47</u> 479,84
6	NO_2^- , мг N/дм ³	<u>0,009 – 0,103</u> 0,028	<u>0,0 – 0,180</u> 0,047	<u>0,005 – 0,032</u> 0,016	<u>0,005 – 0,047</u> 0,017
7	NO_3^- , мг N/дм ³	<u>0,025 – 0,086</u> 0,050	<u>0,008 – 0,055</u> 0,020	<u>0,007 – 0,035</u> 0,022	<u>0,005 – 0,016</u> 0,010
8	NH_4^+ , мг N/дм ³	<u>0,435 – 1,010</u> 0,626	<u>0,425 – 0,525</u> 0,503	<u>0,335 – 0,480</u> 0,411	<u>0,335 – 0,505</u> 0,430
9	Fe, мг/дм ³	<u>0,042 – 0,075</u> 0,060	<u>0,0 – 0,027</u> 0,017	<u>0,015 – 0,027</u> 0,020	<u>0,015 – 0,027</u> 0,018
10	PO_4^{3-} , мг P/дм ³	<u>0,0 – 0,007</u> 0,003	<u>0,090 – 0,148</u> 0,111	<u>0,172 – 0,292</u> 0,222	<u>0,095 – 0,200</u> 0,147
11	Si, мг/дм ³	<u>0,712 – 8,6</u> 3,59	<u>4,70 – 11,65</u> 7,82	<u>3,10 – 11,15</u> 6,57	<u>3,30 – 17,30</u> 9,40

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середні значення

Вміст біогенних речовин визначається не лише інтенсивністю внутрішньоводоймових процесів, але й фізико-географічними умовами району спостережень. Важливу роль у формуванні режиму та динаміки біогенних речовин, особливо в зоні значного урбанізованого впливу, відіграє антропогенний фактор.

Встановлено, що у воді р. Південний Буг основною формою неорганічного азоту є його **амонійна форма** (NH_4^+), вміст якої коливався в досить широких межах – від 0,335 до 1,01 мг N/дм³. Як показали спостереження вміст **нітритних іонів** (NO_2^-), у воді досліджуваної ділянки річки змінювався в ще більш широких межах від майже нульових значень до 0,180 мг N/дм³. (табл.3). Звертає на себе увагу суттєве збільшення вмісту цієї форми неорганічного азоту в придонному шарі води на ділянці річки нижче Олександрівської ГЕС, де концентрація нітритних іонів сягала своїх максимальних значень. Відомо, що нітритна форма азоту є нестійкою в процесі нітрифікації, а її поява в підвищеній кількості є показником значного забруднення водойми, оскільки вказує на посилений розклад органічної речовини, тобто є важливим санітарним показником. Концентрація **нітратних іонів** (NO_3^-) за період спостережень змінювалася в межах від 0,007 до 0,086 мг N/дм³. Встановлено, що просторова мінливість амонійної форми азоту характеризувалася поступовим зменшенням її вмісту за течією від 1,01 до 0,425 мг N/дм³. На тлі чого, має місце збільшення концентрації нітратної та нітритної форм неорганічного азоту – від 0,036 мг N/дм³ до 0,063 мг N/дм³ та від 0,036 мг N/дм³ до 0,103 мг N/дм³,
ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 1 (56)

відповідно. Максимальний вміст обох форм неорганічного азоту спостерігався на ділянці річки вище греблі Олександрівської ГЕС (лівий та правий берег).

Разом із сполуками азоту, вміст фосфору у воді природних водойм є не менш важливим показником зміни не лише їх трофічного статусу, але, і як наслідок, екологічного стану. Спостереження показали, що вміст **фосфат-іонів (PO_4^{3-})** у воді досліджуваної ділянки річки Південний Буг та Олександрівського водосховища коливався від практично нульових значень до 0,292 мг Р/дм³ (див.Табл.3). Просторова мінливість вмісту фосфатів характеризувалася поступовим підвищенням їх вмісту за течією з максимальними значеннями в лівобережній та правобережній частині Олександрівського водосховища і на ділянці річки нижче греблі (див.табл.3). В сезонному аспекті мала місце тенденція суттєвого підвищення вмісту фосфат-іонів у воді річки від зимового періоду до осіннього з максимальними значеннями влітку. Суттєве підвищення вмісту фосфат-іонів на досліджуваній ділянці річки, що мало місце навесні, безумовно пов'язано з його надходженням з поверхневим стоком під час повені. А саме: наприкінці зимового періоду вміст фосфатів був дуже низьким і не перевищував 0,007 мг Р/дм³, тоді як під час повені, концентрація фосфатів коливалася в межах від 0,09 до 0,148 мг Р/дм³. Ще більш значуще підвищення вмісту фосфат-іонів спостерігалось влітку, коли його вміст варіював в межах від 0,172 мг Р/дм³ до 0,292 мг Р/дм³. Восени концентрація фосфатів дещо зменшувалась, але залишалась доволі значною з межами коливань від 0,095 мг Р/дм³ до 0,200 мг Р/дм³ (див. Табл.2). Така сезонна мінливість фосфат-іонів обумовлена тим, що їх кругообіг значно швидший за кругообіг азоту, тому вони скоріше утилізуються гідробіонтами та знов надходять у воду. Також це, вочевидь, є ознакою погіршення екологічного стану річки та інтенсифікацію процесів вторинного забруднення, що має місце влітку та восени. Разом з фосфором і азотом, **кремній (Si)** є не менш важливим біогенним елементом, оскільки входить до складу живих організмів. Дослідження показали, що води досліджуваної ділянки характеризуються досить широкими межами коливань вмісту розчиненого кремнію від 0,712 до 17,30 мг/дм³, а просторова мінливість його вмісту характеризувалася поступовим суттєвим (майже на порядок) підвищенням від верхньої ділянки річки до ділянки річки нижче греблі Олександрівської ГЕС (див.табл.3). Розподіл розчиненого кремнію в часі характеризувався поступовим підвищенням його концентрації від зими до осені (див.Табл.2). Найбільш суттєве підвищення вмісту розчиненого кремнію спостерігалось навесні, під час проходження повені. Якщо наприкінці зимового періоду його концентрації коливались від 0,712 мг/дм³ до 8,6 мг/дм³, то навесні межі коливань його вмісту варіювали від 4,7 мг/дм³ до 11,65 мг/дм³. Максимальні концентрації розчиненого кремнію мали місце восени – до 17,3 мг/дм³, що ймовірно пов'язано з погіршенням самоочисної здатності річки та завершенням життєвого циклу деяких гідробіонтів, зокрема діатомових водоростей.

Залізо ($Fe_{заг.}$) відноситься до основних біогенних компонентів, від якого залежить рівень розвитку і життєдіяльності гідробіонтів. Основними джерелами надходження заліза у водойму є поверхневий стік, а також надходження його з донних відкладів в результаті процесів, що відбуваються в системі донні відклади - вода. Спостереження показали, що концентрація загального заліза у воді р. Південний Буг варіювала в межах від слідових концентрацій до 0,075 мг/дм³ і характеризувалася достатньо рівномірним розподілом за подовжнім профілем річки з максимальними значеннями на верхній ділянці спостережень та в середній частині Олександрівського водосховища (див. табл. 3). Сезонна динаміка вмісту загального заліза мала протилежну, від багатьох біогенних речовин, направленість і характеризувалася максимальними значеннями взимку та суттєвим і доволі рівномірним розподілом від весни до осені (див.табл.2).

Таблиця 3. Вміст біогенних речовин у воді р. Південний Буг та Олександрівського водосховища в 2019 р.

№ п/п	Місце відбору проб	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
1	р.Південний Буг, вище Олександрівського водосховища, с.Іванівка	0,007 – 0,036 0,018	0,010 – 0,036 0,023	0,395 – 1,01 0,560	0,015 – 0,060 0,031	0,0 – 0,177 0,110	1,05 – 10,65 6,20
2	р. Південний Буг, с.Прохорово	0,006 – 0,025 0,016	0,010 – 0,021 0,016	0,450 – 0,480 0,463	0,015 – 0,027 0,023	0,110- 0180 0,129	4,35 – 8,10 5,87
3	м.Південноукраїнськ, пляж	0,007 – 0,025 0,015	0,012 – 0,018 0,015	0,425 – 0,505 0,478	0,015 – 0,027 0,023	0,095- 0180 0,128	3,40 – 7,0 5,18
4	Олександрівське водосховище, в р-ні Ташлицької ГАЕС	0,0 – 0,103 0,025	0,02 – 0,055 0,028	0,460 – 0,890 0,561	0,0 – 0,060 0,024	0,0 – 0,200 0,101	0,712 – 11,65 4,36
5	Олександрівське водосховище, нижче с.Виноградний Сад	0,005 – 0,090 0,025	0,010 – 0,058 0,024	0,335 – 0,540 0,455	0,015 – 0,060 0,027	0,0 – 0,210 0,132	1,50 – 7,25 5,37
6	Олександрівське водосховище, середня частина, нижче пр. Бакшала	0,007 – 0,100 0,025	0,010 – 0,055 0,021	0,360 – 0,475 0,416	0,015 – 0,075 0,029	0,0 – 0,235 0,154	3,90 – 10,20 8,38
7	Олександрівське водосховище, вище греблі, правий берег	0,007 – 0,103 0,036	0,010 – 0,024 0,015	0,360 – 0,760 0,456	0,015 – 0,027 0,020	0,110 – 0,255 0,194	5,70 – 15,55 10,37
8	Олександрівське водосховище, в р-ні греблі, лівий берег	0,003 – 0,180 0,049	0,012 – 0,086 0,038	0,400 – 0,525 0,453	0,0 – 0,042 0,014	0,070 – 0,245 0,144	4,90 – 13,20 8,52
9	р. Південний Буг, нижче греблі Олександрівської ГЕС.	0,060 – 0,087 0,029	0,007 – 0,063 0,022	0,380 – 0,515 0,440	0,015 – 0,060 0,031	0,007 – 0,292 0,143	4,70 – 17,30 9,70
10	р. Південний Буг, м.Вознесенськ	0,002 – 0,026 0,014	0,021 – 0,026 0,024	0,380 – 0,425 0,403	0,0 – 0,015 0,008	0,105 – 0,255 0,180	5,55 – 6,45 6,0

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середні значення

Висновки. Таким чином, аналіз отриманих даних в порівнянні з тими, що мали місце раніше, показали, що водні маси р. Південний Буг зазнали суттєвих змін (за показниками хімічного стану). Насамперед, це стосується мінералізації води та вмісту головних іонів, що її складають. Незважаючи на те, що абсолютні значення мінералізації води навіть значно зменшились, спостерігається тенденція інтенсифікації процесів метаморфізації водних мас р. Південний Буг. Що мається на увазі: якщо на етапі попередніх досліджень мінералізація води річки варіювала в межах 748 – 773 мг/дм³, то на сучасному етапі її значення в цілому коливалися в 419 – 546 мг/дм³ та не перевищували 674 мг/дм³. Але, слід зазначити, що зменшення величини мінералізації води відбулось, головним чином, за рахунок зниження вмісту гідрокарбонатних іонів. Натомість, відбулося значне підвищення концентрації іонів хлору, вміст яких підвищився майже вдвічі. Це призвело до того, що на сучасному етапі досліджень спостерігається тенденція поступової зміни класу природних вод – з карбонатно-кальцієвих, що мали місце раніше, до сульфатно-магнієвих (сучасних етап). Як відомо, що карбонатно-кальцієві води є унікальними природними водами. З урахуванням на те, що вода річки використовуються як джерело питного водопостачання визначені зміни вказують на погіршення її екологічного стану з цієї точки зору. З огляду на те, що фізико-географічне розташування річки (степова зона) теж впливає на зміну мінералізації води, визначення головних чинників, що сприяли цьому має бути продовжено з урахуванням змін гідрометеорологічної та гідрологічної ситуації в зоні спостережень.

Разом з тим відомо, що важливим показником санітарно-гігієнічного стану природних водойм та водотоків є вміст біогенних речовин, зокрема сполук азоту та фосфору. Наразі встановлено погіршення екологічного стану р. Південний Буг та Олександрівського водосховища за вмістом біогенних речовин, що свідчить про погіршення самоочисної здатності річки та є показником процесу вторинного та санітарно-технічного забруднення.

З огляду на все вище зазначене та з урахуванням фізико-географічного розташування річки (степова зона, де коефіцієнт випаровування перевищує кількість опадів), що теж впливає на зміну мінералізації води та вміст біогенних речовин, які визначають її екологічний стан, дослідження головних чинників, що сприяють цьому мають бути продовжені з урахуванням змін гідрометеорологічної та гідрологічної ситуації в зоні спостережень.

Список літератури

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.

References

1. *Alekin O.A.* Osnovy gidrokhimii. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 444 s.

Екологічна характеристика р. Південний Буг та Олександрівського водосховища за гідрохімічними показниками

Морозова А.О.

В роботі наведено результати досліджень сучасного екологічного стану р. Південний Буг та Олександрівського водосховища за гідрохімічними показниками. Встановлено особливості просторово-часової мінливості основних гідрохімічних показників якості водного середовища.

Ключові слова: головні іони; мінералізація води; біогенні речовини; сезонна динаміка.

Экологическая характеристика Южный Буг и Александровского водохранилища по гидрохимическим показателям

Морозова А.А.

В работе представлены результаты исследований современного экологического состояния р. Южный Буг и Александровского водохранилища в зоне влияния Южно-Украинского

энергетического комплекса по гидрохимическим показателям. Установлены особенности пространственно-временной изменчивости основных гидрохимических показателей качества водной среды.

Ключевые слова: главные ионы; минерализация воды; биогенные вещества; сезонная динамика.

Hydrochemical characteristics p. Stryi and some of its tributaries in the summer-autumn period of observations

Morozova A.A.

The paper presents the results of researches of the modern ecological state South Bug and Aleksandrovskogo of storage pool the affected of the South Ukrainian power complex zone on hydrochemical indexes (main ions, mineralization of water, biogenic matters), which are the indicators of the ecological state of natural reservoirs. Research of the hydrochemical mode South Bug and Aleksandrovskogo of storage pool within the limits of the South Ukrainian power complex conducted during 2019.

An analysis of the got data is as compared to those, which took place more early, rotined that the water masses South Bug tested substantial changes (on the indexes of the chemical state). The conducted researches rotined that chemical composition of water S.Bug and Aleksandrovskogo of storage pool had been characterized sufficiently by the high values of mineralization of water, maintenance of main ions, especially sulfate and to general inflexibility. The features of spatio-temporal changeability of the main hydrochemical indicators of quality of water environment are set. Tendency of gradual increase of maintenance of main ions and of mineralization of water is traced on the longitudinal type of the river. The gradual diminishing from the winter to the summer and increase of mineralization of water and main ions an autumn is traced in a seasonal aspect.

It is known that the important index of the sanitary-hygenic state of natural reservoirs is content of biogenic matters. Worsening of the ecological state South Bug and Aleksandrovskogo of storage pool is set on maintenance biogenic matters. Modern researches rotined that and here took place changes are certain, namely: on an area in the district of South Ukrainian power complex zone something the concentrations of nitrate and ammoniacal forms of mineral nitrogen and phosphatic ions grew, that testifies to the decline of selfcleansing ability of the river and is the index of process second contaminations of the river.

Keywords: major ions; water mineralization; nutrients; spatio-temporal changeability.

Надійшла до редколегії 27.12.2019

УДК 911.52:502.51(282.247.2:477.83)

Курганевич Л. П., Шіпка М. З.

Львівський національний університет імені Івана Франка

ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ЗАПЛАВНО-РУСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ РІЧКОВО-БАСЕЙНОВОЇ СИСТЕМИ ПОЛТВИ (РАЙОН БАСЕЙНУ РІЧКИ ВІСЛА)

Ключові слова: *прибережна захисна смуга; якість води; заплава; русло річки; землекористування.*

Вступ. Актуальність проведених досліджень визначалася посиленням запиту громадянського суспільства на запровадження в Україні європейських стандартів якості життя, складовою частиною яких є чисте довкілля. Значне зацікавлення складають малі річки, які дуже чутливо реагують на господарську діяльність та потребують охорони й оздоровлення.

Вихідні передумови. Важливим кроком водоохоронної політики України є перехід на інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом. Розроблена Міністерством енергетики та захисту довкілля разом із Держводагенством дорожня карта передбачає вже у 2024 році законодавчо затвердити Плани управління для всіх 9-ти районів річкових басейнів, які виділені на території України (згідно водогосподарського районування). Складовою частиною цих Планів є оцінка екологічного стану річкових басейнів та рівня антропогенного навантаження у їхніх межах. Саме такі дослідження проводяться нами у межах басейну річки Полтви [2, 6].

Об'єкт та методика дослідження. Річково-басейнова система Полтви є складовою частиною Західно-Бузької водогосподарської ділянки, яка згідно водогосподарського районування території України відноситься до району басейну річки Вісли.

В основу наукового дослідження покладені методи аналізу та синтезу, засади басейнового підходу до вивчення малих річок. При виконанні роботи застосовано методики картометричних й польових досліджень, використано сучасну електронно-технічну базу та спеціальні програмні продукти.

Тест для визначення стану річки та її заплавно-руслового комплексу запропонований Хімком Р. В. [1, 3, 4]. Він є частиною громадського моніторингу стану річок та їхніх долин і базується на оцінці системи параметрів, які можуть бути визначені візуально в польових умовах. Дана методика використовується науковцями при регіональних геоecологічних дослідженнях малих річок. Зокрема, Швець О. І. (2013) у своїй роботі [5] аналізує стан заплавно-руслового комплексу р. Бережниці (басейн Дністра).

Методика передбачає визначення системи параметрів (23 показники), які за бальною шкалою характеризують стан річки (п'ять класів якості): найвищий клас означає «добрий» стан, найнижчий – «вкрай важкий».

Дослідження геоecологічного стану заплавно-руслового комплексу річково-басейнкової системи Полтви проводились у три етапи: підготовчого, польового та аналітичного.

Підготовчий етап включав опрацювання літературних, фондових, картографічних джерел та космознімків, зокрема:

- виділення на карті території долин та прибережних захисних смуг (ПЗС) річок;
- вивчення структури землекористування в межах ПЗС та долин річок за допомогою космознімків;
- дослідження зарегульованості, трансформованості русел шляхом опрацювання картографічних матеріалів та космознімків;
- попередній збір інформації про ймовірні джерела забруднення чи засмічення водотоків і прибережних територій, а також даних про забір води з річок тощо.

Полеві дослідження передбачали:

- органолептичне оцінювання якості води річок (визначення запаху, прозорості, мутності, температури води у літній період, виявлення візуальних ознак забруднення СПАРами та нафтопродуктами тощо);
- вивчення гідрологічного режиму річок (швидкість течії, каналізованість, зарегульованість);
- визначення ступеня засмічення русел і ПЗС (у тому числі виявлення локальних сміттєзвалищ);
- дослідження особливостей донних відкладів, замуленості русел та характеру водної рослинності (орієнтовна кількість видів, ступінь заростання дзеркала води);
- виявлення джерел випусків стічних вод (у тому числі несанкціонованих стоків із дворів);
- оцінювання характеру рекреаційного навантаження на річку;
- дослідження особливостей господарського використання заплав, ПЗС, долин річок (урбанізованість, зокрема, наявність господарських будівель; розораність; наявність пасовищ, літніх таборів для худоби тощо);
- візуальне визначення ступеня господарського освоєння заплави (у %);
- дослідження характеру змін природних фітоценозів прибережних територій, ступеня еродованості берегів;
- опитування місцевих жителів про джерела забруднення та засмічення водотоків, а також про зміни, які сталися з річками за багаторічний період (якість води, гідрологічний режим, санітарний стан русла тощо).

Заключний етап наукових досліджень полягав у систематизації отриманих даних і визначенні геоекологічного стану заплавно-руслового комплексу річки Полтви та її допливів за оцінкою комплексу визначених параметрів.

Результати дослідження. Річка Полтва, ліва притока Західного Бугу, бере початок на території м. Львова і виступає колектором стічних вод у межах міста. Річка замкнута в кам'яний колектор від початку ХХ ст., однак до того часу, вона (як і її витoki) століттями виконувала роль відкритої каналізації в межах міста. Після проведення очистки стічних та дренажних вод на очисних спорудах р. Полтва тече відкритим руслом (довжиною більше 50 км) до м. Буська, де впадає у р. Західний Буг. За даними Басейнового управління водних ресурсів (БУВР) Західного Бугу та Сяну, у 2017 р. об'єми скидів стічних вод м. Львова з ЛКП «Львівводоканал» становили близько 120 млн м³, з них половина характеризувалася як «недостаньо очищені». За даними Львівського обласного центру з гідрометеорології, річний об'єм стоку р. Полтви в пригирловій ділянці коливається від 200 до 600 млн м³, отже стічні води міста можуть складати біля половини стоку річки в роки низької водності.

Після виходу з очисних споруд вода у річці мутна, має виражений фекальний запах (у т.ч. на пригирловій ділянці, зокрема, в період літньої межени). На дні русла залягає потужний шар мулу, однак виявлено дуже мало видів вищих водних рослин

через токсичність водного середовища і низьку прозорість води. Протягом XX ст. якість води в річці суттєво погіршилася, що спричинено стрімким зростанням чисельності населення Львова та приміських населених пунктів.

Якість води приток Полтви, за візуальними ознаками, суттєво відрізняється: річки, які протікають у широтному напрямку, здебільшого у міжпасмових долинах Пасмового Побужжя, на територіях із торфовими чи оторфованими ґрунтами, мають нижчу прозорість води, а також більш потужний шар мулу (рр. Думниця, Яричівка, Марунька, Недільчина у середній та нижній течії). Значну роль у замуленості русел річок міжпасмових долин відіграло їхнє відведення, спрямлення та зарегульованість густою мережею каналів. Поживні речовини, які вимиваються з торфових ґрунтів, сприяють замуленню, зниженню прозорості води річок. Через значне замулення ступінь заростання водного дзеркала макрофітами може досягати 30–50 % на окремих ділянках. Натомість, русла правобережних приток Полтви, які беруть початок на схилах чи біля підніжжя Гологоро-Кременецького кряжу (рр. Гологірка, Білка, Перегноївка, Тимковецький потік) мають вищу прозорість води, меншу замуленість дна і, відповідно, менший ступінь заростання водними рослинами (окрім застійних ділянок). Виняток становлять ділянки водотоків із дуже низькою водністю (зокрема, р. Кишиця у верхній течії).

Суттєвий вплив на якість води річок території досліджень мають населені пункти та підприємства, розташовані вздовж їхньої берегової лінії. За даними БУВР Західного Бугу та Сяну найбільший вплив на якість води приток р. Полтви здійснюють стічні води комунальних, промислових та сільськогосподарських підприємств м. Дубляни, смт. Новий Яричів, с. Старий Яричів, смт. Куликів, с. Солова тощо. У результаті польових досліджень нами виявлені також місця відведення несанкціонованих стоків з дворів у м. Винники (р. Марунька), с. Звенигороді (р. Білка), м. Буську (р. Полтва) та ін.

Рекреаційне навантаження на річки території досліджень є практично відсутнім. Виняток становлять окремі руслові ставки (у верхів'ї р. Маруньки, р. Яричівки та ін.).

Опосередкований вплив на якість води річок має швидкість їх течії: при більш інтенсивному русі потоку відбувається краще насичення води киснем і, відповідно, зростає її потенціал самоочищення. Швидкість течії річок території досліджень становить в середньому 0,2–0,3 м/с, значно вища – у верхів'ях. Захаращеність русел та заростання їх макрофітами суттєво знижують швидкість течії на окремих ділянках.

За свідченнями місцевих жителів, якість води приток р. Полтви має тенденцію до погіршення протягом останніх десятиліть. Одночасно знизилася водність річок, вони стали більш замуленими і захаращеними. Очевидно, якість води річок, їхній санітарний стан та гідрологічний режим перебувають у прямій залежності. Зниження водності усіх річок (за винятком р. Полтви, гідрологічний режим якої залежить від скидів м. Львова) пов'язане в основному із зарегулюванням річок території досліджень та кліматичними змінами.

За даними БУВР Західного Бугу та Сяну, 60–100 % ділянок русел річок території досліджень мають відрегульовану довжину. Найбільших змін зазнали русла водотоків, які є магістральними каналами осушних систем, зокрема в межах міжпасмових долин Пасмового Побужжя (р. Полтва, р. Яричівка, р. Недільчина та ін.). Осушні системи займають 36,7 % території досліджень, у тому числі 55–94 % площі долин річок басейну. За результатами ретроспективного аналізу різночасових карт та космознімків [6] виявлено, що протягом XX ст., після створення осушних систем, густота водотоків у межах території досліджень підвищилася на 32 %. Суттєвий вплив на гідрологічний режим водотоків басейну може мати їхня зарегульованість

ставками та водосховищами. Вздовж русел річок території досліджень знаходиться від 0,3 до 5 га руслових і неруслових водойм. Забір води з річок басейну р. Полтви здійснюється переважно для наповнення ставів та водосховищ. За даними БУВР Західного Бугу та Сяну, в межах басейну р. Полтви найбільші об'єми поверхневих вод відбирають із пригирлової ділянки русла р. Гологірки для наповнення рибогосподарського ставу (площею 123 га) і з руслового водосховища – технічної водойми Львівської ТЕЦ (площею 85 га) на р. Яричівці (середня течія) для потреб комунального господарства. Об'єми забору води для наповнення цих водойм не перевищують 5 % річного стоку річок.

Засміченість русел річок та їх прибережних територій залежить від їх близькості до населених пунктів та автошляхів. Найбільше засмічена пригирлова ділянка р. Полтви у м. Буську, р. Гологірки в смт. Красне та ін. За свідченнями місцевих жителів, засміченість русел та берегів зростає протягом останніх десятиліть, що, очевидно, пов'язано зі збільшенням використання пластику та інших матеріалів, які погано піддаються розкладу.

Сліди бічної ерозії берегів найбільш помітні поблизу пасовищ. На територіях із мінімальною крутизною схилів та, порівняно, більш родючими ґрунтами (здебільшого, за межами Пасмового Побужжя), можливе розорювання прибережних територій близько до урізу води, отже більш ймовірний площинний змив. Значно менше слідів ерозії русел річок, які протікають у заболочених долинах, малопридатних для господарського використання.

Особливості землекористування і, відповідно, ступінь господарського використання прибережних територій (заплав, прибережних захисних смуг) та долин річок визначено за допомогою польових досліджень, а також шляхом аналізу космоснімків.

Урбанізованість верхів'я долини Полтви (м. Львів) визначає якість води в річці. За межами міста річка протікає у широкій малосвоєній міжпасмовій долині Пасмового Побужжя. У нижній течії річки, у її долині знижується частка заболочених і торфових ґрунтів, отже зростає ступінь розораності її території. Загальна урбанізованість долини Полтви (частка земель під населеними пунктами), включаючи територію м. Львова, становить 9 %, розораність – близько 40 %. Досить висока урбанізованість земель у долині р. Маруньки (24 %), оскільки річка протікає через м. Винники (околиці м. Львова), дещо менша – у долині р. Гологірки (8 %) і Тимковецького потоку (7 %). Натомість у долині р. Кишиці та Якторівського потоку урбанізованість є дуже низькою (0,3–0,7 %).

Розораність долин річок визначається рельєфом та ґрунтовим покривом території. Найвища частка ріллі (60–80 %) у долинах річок, які протікають в межах Підподільської хвилясто-останцевої денудаційної рівнини (Якторівський потік, р. Гологірка, р. Перегноївка), де поширені порівняно родючі карбонатні ґрунти. Значно менше розораних земель (20–40 %) у долинах річок, які протікають у широтному напрямку (в межах міжпасмових долин Пасмового Побужжя з торфовими чи оторфованими ґрунтами). У межах заплав річок дуже рідко трапляються об'єкти господарської забудови, а ступінь розораності земель здебільшого не перевищує 20–40 %. Вища частка розораних земель заплав у межах населених пунктів. Окремі ділянки заплав річок також використовуються в якості пасовищ. На землях із торфовими чи оторфованими ґрунтами (зокрема, у міжпасмових долинах Пасмового Побужжя) уся територія заплави часто знаходиться під лучною чи деревно-чагарниковою рослинністю. Вища розораність заплав за межами Пасмового Побужжя, зокрема на території Підподільської денудаційної рівнини.

Ступінь господарського використання територій прибережних захисних смуг (ПЗС) річок району досліджень залежить від наявності та ширини заплав на окремих

ділянках, а також від родючості ґрунтів і зручності їхнього обробітку. Так, у верхів'ях водотоків землі ПЗС часто забудовані, активно використовуються у сільськогосподарському обробітку. У середній і нижній течії річок ступінь господарського освоєння земель ПЗС практично відповідає їх розораності. Найбільш розораними є досить родючі землі в межах ПЗС Якторівського потоку (31 %), рр. Гологірки (9 %), Перегноївки і Яричівки (8 %).

Узагальнення отриманих результатів дослідження передбачало: оцінку геоecологічного стану річки, заплави; визначення гідроекологічних проблем й розробку водоохоронних заходів.

Стан заплавно-руслового комплексу р. Полтви визначається, головним чином, значним рівнем антропогенного навантаження на річку у її верхів'ї (каналізування її русла і вплив стічних вод Львова), і, водночас, низьким ступенем господарського освоєння її прибережних територій за межами міста (зокрема, у заболоченій міжпасмовій долині). Відповідно, геоecологічний стан заплавно-руслового комплексу Полтви оцінено як «незадовільний» (IV клас якості з 5-ти) (рис. 1).

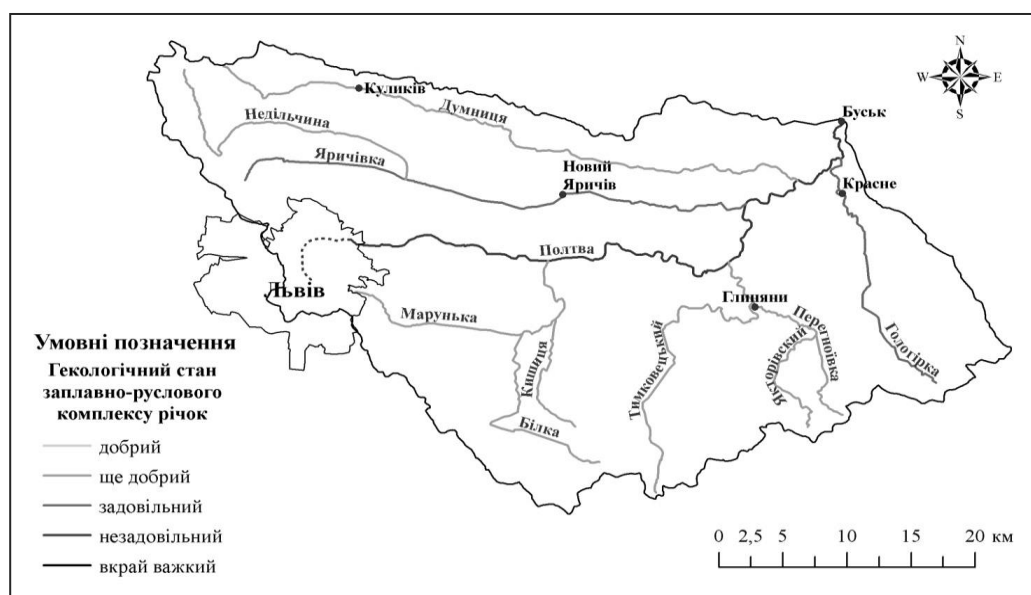


Рис. 1. Геоecологічний стан заплавно-руслового комплексу річок басейну Полтви

Господарська освоєність, зокрема, розораність прибережних територій стала провідним фактором аналізу стану долин приток р. Полтви. Відповідно, геоecологічний стан заплавно-руслового комплексу р. Гологірки і р. Яричівки визначено як «задовільний» (III клас якості), а для інших річок – як «ще добрий» (II клас).

Висновки. Територія річково-басейнової системи Полтви зазнає значного господарського навантаження (розорювання заплави, зарегульованість річок, складування відходів, відведення стоків, відбір води та ін.). Геоecологічний стан заплавно-руслового комплексу р. Полтви характеризується як «незадовільний» (IV клас якості з 5-ти), р. Яричівки та р. Гологірки – як «задовільний» (III клас якості), рр. Думниці, Недільчини, Марушки, Білки, Кишиці, Перегноївки та потоків Тимковецького і Якторівського – як «ще добрий» (II клас). Для покращення геоecологічного стану р. Полтви та її приток потрібно провести комплекс водоохоронних заходів: реконструкцію очисних споруд м. Львова (звести до мінімуму скид у річку недостатньо очищених стоків); громадам вести жорсткий контроль за відведенням у водотоки нечистот із дворів місцевих жителів; залучати

інвесторів та передбачити у місцевих бюджетах кошти на розчистку русел річок і збільшення їхньої пропускної здатності; екологічній інспекції контролювати дотримання правил охорони вод у межах прибережних захисних смуг (землях водного фонду України) тощо.

Список літератури

1. Дослідження та моніторинг малих річок / Р.В. Хімко, П.Д. Ключенко, Т.Д. Виговська [та ін.] За ред. Хімко Р.В. Хмельницький: ТОВ «Тріада-М», 2005. 161 с. 2. Курганевич Л.П., Шіпка М.З. Визначення екологічної стійкості геокомплексів басейну річки Полтви // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія географічна. 2012. №2 (32). С. 94–101. 3. Хімко Р.В. Громадський моніторинг стану річок та їхніх долин // Участь громадськості у збереженні малих річок України: матеріали тренінг-курсу. К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2005. С. 155-171. 4. Хімко Р.В. Методика оцінки стану річки за тестом // Участь громадськості у збереженні малих річок України: матеріали тренінг-курсу. К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2005. С. 317–324. 5. Швець О.І. Моделювання впливу господарської діяльності на навколишнє середовище басейну р. Бережниця (правобережжя Дністра): автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук / Міністерство освіти і науки України, Львівський національний університет імені Івана Франка. Львів: [б.в.], 2013. 20 с. 6. Шіпка М. Морфологічний аналіз річково-басейнової системи Полтви // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія географічна. 2017. №1 (42). С. 31-38.

References

1. Doslidzhennia ta monitorynh malykh richok / R.V. Khimko, P.D. Klochenko, T.D. Vyhovska [ta in.] Za red. Khimka R.V. Khmelnytskyi: TOV «Triada-M», 2005. 161 s. 2. Kurhanevych L.P., Shipka M.Z. Vyznachennia ekolohichnoi stiikosti heokompleksiv baseinu richky Poltvy // Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Serii heohrafichna. 2012. №2 (32). S. 94–101. 3. Khimko R.V. Hromadskyi monitorynh stanu richok ta yikhnikh dolyn // Uchast hromadskosti u zberezhenni malykh richok Ukrainy: materialy treninh-kursu. K.: Chornomorska prohrama Vetlands Interneshnl, 2005. S. 155-171. 4. Khimko R.V. Metodyka otsinky stanu richky za testom // Uchast hromadskosti u zberezhenni malykh richok Ukrainy: materialy treninh-kursu. K.: Chornomorska prohrama Vetlands Interneshnl, 2005. S. 317–324. 5. Shvets O.I. Modeliuvannia vplyvu hospodarskoi diialnosti na navkolyshnie seredovyshe baseinu r. Berezhnysia (pravoberezhzhia Dnistra): avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovooho stupenia kandydata heohrafichnykh nauk / Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, Lvivskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Franka. Lviv: [b.v.], 2013. 20 s. 6. Shipka M. Morfolohichnyi analiz richkovo-baseinovoï systemy Poltvy // Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Serii heohrafichna. 2017. №1 (42). S. 31-38.

Геоекологічний стан заплавно-русового комплексу річково-басейнової системи Полтви (район басейну річки Вісла)

Курганевич Л. П., Шіпка М. З.

У статті подано аналіз чинників, які здійснюють негативний вплив на русла й заплави річки Полтви та її приток. Визначено джерела забруднення річкових вод, проаналізовано рівень антропогенного навантаження на територію досліджень. За візуальною оцінкою системи параметрів річки та її заплави визначено геоекологічний стан заплавно-русового комплексу річки Полтви та її основних приток. Запропоновано комплекс водоохоронних заходів щодо покращення якості вод й збереження малих річок.

Ключові слова: прибережна захисна смуга; якість води; заплава; русло річки; землекористування.

Геоэкологическое состояние пойменно-русового комплекса речно-бассейновой системы Полтвы (район бассейна реки Висла)

Курганевич Л. П., Шіпка М. З.

В статье анализируются факторы, оказывающие негативное влияние на русла и поймы реки Полтва и ее притоков. Определены источники загрязнения речной воды, анализируется уровень антропогенной нагрузки на территорию исследований. Согласно визуальной оценке

параметров реки и поймы, определено геоэкологическое состояние пойменно-руслового комплекса реки Полтва и ее основных притоков. Предлагается комплекс водоохранных мероприятий по улучшению качества воды и сохранению малых рек.

Ключевые слова: прибрежная защитная полоса; качество воды; пойма; русло реки; землепользование.

Geoecological state of the floodplain and channel complex of the Poltva river basin (Vistula river basin region)

Kurhanevych L. P., Shipka M. Z.

In accordance with the water management zoning of the territory of Ukraine, the Poltva river basin belongs to the Vistula river basin region. The evaluation methodology of the channel and floodplain river complex state was proposed by Himko R. V. (2005). According to this methodology, the parameters (23 indicators), characterizing river state by points scale (5 quality classes), were defined.

The research included three steps. During the preparatory stage cartographic materials were investigated and the coastal protection zones were highlighted. The fieldwork stage included: visual assessment of water quality and of the state of channels; identification of sources of pollution and clogging of waters and coastal areas; study of features of anthropogenic load within floodplains. In the third stage, generalization and evaluation works were carried out.

Wastewater discharges from enterprises and coastal settlements affect the water quality of the study area. Lviv has the greatest economic impact on the Poltva river due to its channelling within the city and due to large volumes of wastewater discharges (121.4 million m³ in 2017). The water quality of the Poltva River tributaries depends on sewage discharges from small industrial and public utilities, as well as on unauthorized sewage discharges in villages.

Significant parts of the river channels are regulated. Drainage systems, that occupy much of the study area, as well as ponds and small reservoirs, directly affect on the hydrological regime of the rivers.

The level of land-use of coastal territories is characterized by their urbanization level and their level of plowing. The urbanization of the upper reaches of the Poltva river valley is a determining factor that has influenced the sanitary status of its channel. Outside the Lviv city, many coastal areas (within the coastal protection zones) are plowed.

Overgrowing of waters and obstruction of channels by water and coastal plant remains lead to a significant deterioration of sanitary conditions of the rivers, hence to secondary contamination of its waters.

Geoecological state of the Poltva river channel and floodplain complex was designated as «unsatisfactory» (4th grade from 5 classes), of Yarychivka and Gologirka river complexes - as «satisfactory» (3rd grade), of other rivers – as «rather good» (2nd grade).

The rivers of the Poltva watershed are under significant economic influence. To improve the geoecological state of river channels and floodplains, a complex of water protection measures is required: reduction of insufficiently treated wastewater discharges of Lviv city; cleaning of watercourses; monitoring of compliance with water protection rules etc.

Keywords: coastal protection zone; water quality; floodplain; river channel; land-use.

Надійшла до редколегії 27.12.2019

УДК 551.501.8:551.576

Заболоцька Т.М.¹, Кривобок О.А.¹, Шпиг В.М.¹, Ціла А.Ю.^{1,2}

¹Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЕФЕКТИВНИЙ РАДІУС КРАПЕЛЬ В ХМАРАХ РІЗНИХ ФОРМ ТА ФРОНТАЛЬНИХ ХМАРНИХ СИСТЕМАХ ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У ТЕПЛИЙ ПЕРІОД РОКУ

Ключові слова: ефективний радіус; оптична товщина; водозапас; форми хмар; супутникові виміри.

Вступ. Ефективний радіус хмарних частинок відноситься до важливих мікрофізичних показників, оскільки є індикатором тих процесів, що зумовлюють його зростання, та відповідає за максимальний вклад у водність хмари й відповідно в її водозапас та формування опадів. В [11] на прикладі конвективних хмар показано, що осередки підвищених значень мікрофізичних показників займають декілька відсотків від об'єму хмар, проте на відстані до 10 м можуть змінюватися в десятки разів. Тому дослідження розподілу ефективного радіуса крапель (кристалів) в хмарах основних форм є актуальним.

Вимірювання ефективного радіуса хмарних частинок виконували за літаковим зондуванням хмар, радіолокаційними та супутниковими спостереженнями. Найбільше досліджень було проведено в шарувато-купчастих (Sc) та шаруватих (St) хмарах, бо ці хмари розповсюджуються на великі простори над всією землею, мають високі значення альbedo та сприяють зменшенню випромінювання від земної поверхні. Відбиваність цих хмар залежить від мікрофізичних процесів, що відбуваються в них. Якщо штучно впливати на розподіл крапель, кристалів, їх концентрацію, то зміни оптичних властивостей хмар можуть вплинути на глобальний енергетичний баланс, а значить і клімат.

Виміри ефективного радіуса хмарних частинок виконуються вже декілька десятиліть. Спочатку проводили літакові виміри в теплих хмарах невеликої товщини: шаруваті, шарувато-купчасті, слабо розвинені купчасті (Cu) над морськими просторами за відсутністю впливу аерозолів.

Так, в [18] аналізують ефективний радіус та водність у морських купчастих хмарах без опадів. Відповідні виміри проводили на різних рівнях над нижньою межею хмари. Отримали, що ефективний радіус збільшується по вертикалі в межах від 8 до 15 мкм, більшій водності характерне більше значення ефективного радіуса. В [13] проаналізовано дані супутникових вимірів мікрофізичних параметрів хмар в центральні місяці сезонів впродовж 2-х років на різних широтах земної кулі. Повторюваність значень ефективного радіуса одномодальна з максимумом в межах 9-12 мкм. Авторами виявлено відмінності між континентальними та морськими хмарами двох півкуль, що зумовлено різною концентрацією крапель. У континентальних хмарах радіус крапель на 2-3 мкм менший, ніж у морських, і на 1 мкм менший у морських хмарах північної півкулі порівняно з південною. Відрізняються і вертикальні профілі, концентрації аерозолів. Відмінності у зв'язках між оптичною товщиною і ефективним радіусом вказують на різні мікрофізичні режими в хмарах двох півкуль.

В [9] досліджували теплі шарувато-купчасті хмари як чисті (над морем), так і забруднені. Використовували літакові виміри (63 вертикальні профілі). Концентрація крапель у морських шарувато-купчастих хмарах становила менше 100 см^{-3} , у забруднених – 400 см^{-3} , відповідно ефективний радіус крапель на верхній межі був 12-15 та 5-7 мкм. В [12] оцінювали два варіанти вимірів ефективного радіуса в шаруватих хмарах використовуючи: 1) радіолокаційну відбиваність, 2) інтегровану водність за даними мікрохвильового радіометра та з допущенням, що концентрація крапель в континентальних хмарах 200 см^{-3} , а морських 100 см^{-3} . Порівняння з літаковими вимірами показало, що перший варіант дає кращі результати (стандартне відхилення відповідно становило 13 та 19%).

Були спроби параметризувати виміри ефективного радіуса крапель у шаруватоподібних хмарах відносно водності та концентрації крапель [15], а в [19] було запропоновано теоретичний вираз для середнього значення ефективного радіуса у крапельному прошарку хмари. Цей вираз залежить від концентрації крапель, водності та параметра, що лінійно зв'язує водність на відстані вище нижньої межі.

Під час арктичного дослідження **SCHEBA** [8] ретельно аналізували (літакові та радіолокаційні виміри) еволюцію шарувато-дощових хмар (N_s). Хмари були розшаровані (в кожному з прошарків мікрофізичні показники суттєво різнилися). Верхня межа хмар була нерівною внаслідок затопленої конвекції, просторова структура неоднорідна: осереднена водність могла змінюватися у 8 разів, а ефективний радіус кристалів – від 290 до 320 мкм. Загалом, сумарна водність була $0,15 \text{ г/м}^3$, концентрація всіх хмарних частинок 14200 л^{-1} , кристалів 290 л^{-1} , ефективний радіус хмарних частинок 297 мкм, оптична товщина 26,8. Опади були у вигляді снігу, максимальний розмір сніжинок 3 см. Крапельну фракцію спостерігали у всьому просторі хмар, проте її вклад у загальну водність був малим і не перевищував 10-20%.

Загалом, краплі великих розмірів фіксують у всіх хмарах (крім шаруватоподібних товщиною $\leq 200 \text{ м}$ та купчастих $\leq 500 \text{ м}$), проте їх повторюваність невелика. Шумахер [22] зафіксував в хмарах із середньою водністю 7-12 г/м^3 (зони формування опадів) краплі радіусом 250 мкм. В довіднику [7] також відмічають, що в хмарах помірних широт спостерігають краплі $\geq 100 \text{ мкм}$.

Дослідження мікроструктури купчасто-дощових хмар (C_b) в центральних та тропічних районах США показали, що найбільшу повторюваність мали краплі радіусом 3-4 мкм [23]. Зі збільшенням розмірів крапель їх повторюваність швидко зменшувалася, проте в областях з опадами фіксували краплі радіусом $\geq 100 \text{ мкм}$. Середня концентрація крапель становила $7,2 \cdot 10^7 \text{ м}^{-3}$, а водність змінювалася від 4,5 в мало розвинених хмарах до 40 г/м^3 в інтенсивних грозових.

Багато досліджень ефективного радіуса виконано в наковальнях купчасто-дощових хмар в тропічних широтах. Хмари в цих широтах найбільш розвинені і тому суттєво впливають на перенесення у верхні прошарки атмосфери тепла, вологи, що, в свою чергу, впливає на радіаційний режим всієї атмосфери, тобто на клімат. Наковальня є показником переходу потужно-купчастої хмари ($C_u \text{ cong}$) в стадію купчасто-дощової (C_b). В наковальнях міститься велика кількість кристалів, що може приводити до помітних локальних змін радіаційного режиму між земною поверхнею та атмосферою. До наковальні відноситься верхня частина хмари, температура якої нижче мінус 40°C . Ця температура відповідає температурі гомогенної кристалізації, тобто практично відбувається повна кристалізація хмари.

Вчені США проводили літакове зондування наковалень в тропіках впродовж 1996-2004 рр. [16, 17] й отримали, що концентрація кристалів у середньому може змінюватися від 5 до 100 см^{-3} , а ефективний радіус в межах 10-50 мкм.

Зараз приділяється увага взаємозв'язку між різними мікрофізичними показниками в хмарі. В [10] аналізували два параметри: DER (ефективний радіус) та LWP (водозапас). Chang та Li розробили алгоритм використання мультіканальних вимірів на 3,7, 2,1 та 1,6 мкм для отримання вертикального профілю DER, щоб поліпшити оцінку LWP. Використовували сумісно **MODIS** та **AMSR-E**, оцінювали розбіжності вимірів на них. Виміри проводили над тропічними океанами між 40° пд.ш. та 40° пн.ш. в теплих хмарах (>273 °K) в межах оптичної товщини 3,6 і 23. Показано, що LWP переоцінюється, коли DER збільшується з висотою в межах хмари, та недооцінюється, коли DER зменшується. Для хмар з дощем DER на верхній межі суттєво менший, ніж DER на нижній. Для хмар без опадів, навпаки, різниця дуже маленька. Розподіл ефективного радіуса одномодальний, максимальне значення для хмар з опадами становить 14-15 мкм, без опадів – 12-13 мкм.

Супутникові виміри мікрофізичних параметрів весь час вдосконалюються. Так, в [16] оцінювали розбіжності у вимірах ефективного радіуса та концентрації крапель. Використовували спектро радіометр (**MODIS**) із різними забірниками: C 5,1 та C 6. Виміри були в теплих хмарах над поверхнею океанів. Для обох забірників піксель був 1°x1°. Спостерігали розбіжності, які можуть впливати на точність кліматологічних даних, отриманих за допомогою **MODIS**, а також на валідацію значень ефективного радіуса та концентрації крапель, що досліджувалися.

За допомогою чисельної одномірної нестационарної моделі змішаної шаруватоподібної хмари із детальною мікрофізикою, в основу якої покладено систему рівнянь, що описує утворення та еволюцію хмари внаслідок впорядкованих висхідних рухів і трансформаційних змін температури у тропосфері і складається із рівнянь переносу тепла та водяної пари, а також чотирьох кінетичних рівнянь для функцій розподілу крапель і кристалів (голки, пластинки та стовпчики), досліджувався вплив мікрофізики хмар на оптичну товщину хмар та відбиваність хмарності [1]. Зокрема, зазначається, що відновлення ефективного радіуса хмарних часток є необхідною умовою для відновлення оптичної товщини хмар за експериментальними значеннями відбиваності у різних каналах радіометра AVHRR супутників серії NOAA. Сам же ефективний радіус є дуже чутливим до фазового складу, оскільки його величина у рідкокрапельних хмарах має порядок від декількох до десятків мкм, у той же час у кристалічних хмарах – сотень мкм [1].

На сьогодні накопичені дані про мікрофізичні показники в хмарах різних форм потребують подальшого дослідження, проте їх вже використовують в глобальних моделях. Так, в [21] аналізували використання супутникової (оптична товщина, ефективний радіус) та радіолокаційної (профіль відбиваності) інформації в моделі загальної циркуляції атмосфери (GCM) для оцінки наявності опадів.

Мета даного дослідження – визначити ефективний радіус крапель на верхній межі як окремих форм хмар, так і хмарних систем, що зумовлюють сильні опади в теплий період року; оцінити залежності ефективного радіуса від оптичної товщини, водозапаса та висоти верхньої межі.

Методика дослідження. В даній роботі ефективний радіус крапель визначали на верхній межі хмар різних форм (за даними 2014-2015 рр.), ізольованих купчасто-дощових хмар (за вимірами, які виконувалися у м. Київ впродовж квітня-вересня 2014 р.) та потужних хмарних систем, що зумовлювали сильні опади в 2014-2015 рр. Для цього використовували розраховані щогодинні значення ефективного радіуса крапель, оптичної товщини, водозапаса та верхньої межі хмар за даними супутника MSG [4, 14] та інформацію про тривалість (T, год), кількість (Q, мм) та інтенсивність (I, мм/год) опадів на 40 станціях наземної метеорологічної мережі, більш-менш рівномірно розташованих на території України.

Результати дослідження. Взаємозв'язок між значеннями ефективного радіуса крапель та водністю. За результатами аналізу даних супутникових вимірів щодо ефективного радіуса крапель на рівні верхньої межі хмар, проведених в Україні в 2014-2015 рр., було оцінено найбільш характерні значення ефективного радіуса для основних форм хмар (табл. 1).

Як свідчать дані таблиці, для всіх форм хмар ефективний радіус крапель, тобто радіус крапель, що вносять найбільший вклад у водність, становить 6 мкм. У St й As таких крапель 100%, у Sc та Ac – 91-92%. Різниця між цими хмарами в тому, що в Ac іноді формують водність (десята частина таких хмар) і більш крупні краплі (8 мкм), а у Sc таких хмар значно менше (4%), проте існують і хмари з ефективним радіусом у 4 мкм (4%). Ефективний радіус у Ns й Cb також переважно складає 6 мкм (відповідно 71 та 89%). Більш крупні краплі (8 мкм) у Ns фіксували у третини хмар (29%), а у Cb у кожній десятій хмарі (9%). Проте у Cb, що супроводжувалися зливами й сильними грозами, ефективний радіус складав 10-15 (1,5%) та 25-45 (0,5%) мкм.

Таблиця 1. Повторюваність (%) ефективного радіуса крапель на верхній межі основних форм хмар

Форма хмар	Ефективний радіус, мкм				
	4	6	8	10-15	20-45
St		100			
Sc	4	92	4		
Ac		91	9		
As		100			
Ns		71	29		
Cb		89	9	1,5	0,5

Примітка. St – шаруваті, Sc – шарувато-купчасті, Ac – високо-купчасті, As – високо-шаруваті, Ns – шарувато-дощові, Cb – купчасто-дощові хмари

За спостереженнями в Києві впродовж квітня-вересня 2014 р. було визначено ефективний радіус крапель у випадках, коли на небосхилі спостерігали єдину форму хмар, а саме, купчасто-дощові хмари (табл. 2).

Таблиця 2. Повторюваність (%) ефективного радіуса крапель на верхній межі купчасто-дощових хмар з різною оптичною товщиною

Ефективний радіус, мкм	Оптична товщина					
	4	10	20	40	100	200
6	40	19	12	1		
8	20	4	1		1	
≥10			1			1

Виконано 89 вимірів й отримано: а) для визначеного за даними спостережень діапазону коефіцієнтів оптичної товщини (від 4 до 200) найбільшу повторюваність (72%) мав ефективний радіус 6 мкм. Практично вдвічі (2,4 рази) рідше фіксували краплі з ефективним радіусом 8 мкм (26%) і значно рідше ≥10 мкм (2%), б) найчастіше краплі з ефективними радіусами 6 та 8 мкм спостерігали за значеннями коефіцієнта оптичної товщини 4 (відповідно 40 та 20 %). Краплі розміром 6 мкм спостерігали у широкому діапазоні коефіцієнтів оптичної товщини (від 4 до 20, іноді 40), в той час як краплі у 8 мкм переважно від 4 до 10 й епізодично за більшими значеннями (20 чи навіть 100). Краплі розміром ≥10 мкм фіксували не часто, проте за більшими значеннями оптичної товщини (20, 200).

Впродовж досліджуваного періоду (квітень-вересень 2014 р.) був зафіксований 41 випадок з опадами із купчасто-дощових хмар. Згідно Настанови [6], 20% з них

були помірними опадами ($I = >0.17-0.50$ мм/год), 51% – сильними ($I = >0.50-1.58$ мм/год) й 29% дуже сильними ($I = >1.58$ мм/год). Для даної вибірки інтенсивність помірних опадів в середньому становила 0,34 мм/год, сильних – 0,97 мм/год, дуже сильних – 6,26 мм/год. Взаємозв'язок розмірів ефективного радіуса крапель та водозапаса купчасто-дощових хмар з інтенсивністю опадів представлено в табл. 3 а, б.

Таблиця 3. Повторюваність (%) ефективного радіуса крапель на верхній межі купчасто-дощових хмар (а) та водозапаса (б) за наявності опадів різної інтенсивності

Ефективний радіус, мкм (а) та водозапас, г/м ² (б)	Характеристика та інтенсивність опадів, мм/год		
	помірні, $>0.17-0.50$	сильні, $>0.50-1.58$	дуже сильні, >1.58
а)			
6	75	33	-
8	25	62	75
≥ 10	-	5	25
б)			
17-35	62	-	-
35-70	38	59	-
70-150	-	32	83
150-270	-	5	-
270-400	-	4	9
....	-	-	-
2500-5000	-	-	8

Три чверті випадків з помірними опадами були сформовані краплями з ефективним радіусом 6 мкм (75%) й одна чверть (25%) – 8 мкм. В утворенні сильних опадів більшу повторюваність мали краплі з ефективним радіусом 8 мкм (62%), проте у кожному третьому випадку – 6 мкм (33%), більш крупні краплі (≥ 10 мкм) мали незначну повторюваність (5%). Ефективний радіус крапель в дуже сильних опадах був переважно 8 мкм (75%), значно рідше (25 %) спостерігали більш крупні краплі (10, 15 та 30 мкм), табл. 3 а.

В хмарах з помірними опадами переважав водозапас у 17-35 г/м² (62 %), проте у третини хмар (38 %) він був вдвічі більший (35-70 г/м²). У хмарах з сильними опадами найчастіше запас вологи складав 35-70 г/м² (59 %) та третина хмар (32 %) мала 70-150 г/м². Також у хмарах з сильними опадами значно рідше (9 %) фіксували водозапас у межах 150-400 г/м². Хмари з дуже сильними опадами здебільшого (83 %) мали запас вологи у 70-150 г/м², а іноді (9 %) до 400 чи навіть 2500 г/м² (8%), табл. 3 б.

Наведені дані підтверджують висновок, що, чим інтенсивніше опади, тим більша повинна бути водність в хмарі й відповідно більші значення ефективного радіуса.

Розподіл ефективного радіуса в потужних хмарних системах, що спричиняють сильні опади. З 26 до 31 травня 2015 р. фіксували сильні зливи, грози, на Правобережжі – град. Загалом випала місячна сума опадів. Головна причина – блокування улоговини, що поширилася від Північного моря до Африки. Блокування було спричинене розвитком антициклогенезу: замкнутого антициклону на заході відносно улоговини та потужного гребеня над Поволжям, який стрімко зміщувався у північному напрямі, охоплюючи територію Східної Європи. У південній частині улоговини, що була відокремлена від замкнутого центра, утворився вторинний циклон. Спочатку зливи та грози були зумовлені дією холодної гілки з хвилями системи II, потім центри хвиль глобальних фронтальних систем I та II, особливості яких детально описані у [2, 3], прийняли меридіональну паралельну

орієнтацію та зблизилися між собою (до 40 км), що сприяло збільшенню баричних та термічних градієнтів.

Загалом, для аналізу як поля опадів, так і мікрофізичних показників у синоптичній ситуації 26-31.05.2015 р. було залучено дані 40 метеорологічних станцій, більш менш рівномірно розташованих на території України. Опади вимірювали цілодобово (кожні 6 год), проте мікрофізичні показники тільки у денну пору (06-16 ВСЧ). В даному випадку сильні опади, згідно [6], майже рівнозначно фіксували в нічний та денний час (відповідно 50 та 58%), а дуже сильні частіше відмічали вночі, ніж вдень (10 проти 3%).

Опади (переважно зливи) фіксували на всій території України, спочатку 26-28.05. на заході, далі 27-29.05. в центрі та на півдні й 27-31.05.2015 на сході та півночі. Загальна кількість змінювалася від < 10 до > 90 мм. Розподіл був таким: до 20 мм (28%), 21-40 мм (48%), 41-60 мм (16%), 61-100мм (8%). Максимальна кількість за 6 год змінювалася від < 10 до 40 мм, відповідно: < 10 мм (28%), 11-20 мм (52%), 21-30 мм (12%), 31-40 мм (8%).

Найінтенсивніші опади були в різних регіонах. Наприклад, за 6 год випало: у Закарпатті (Ужгород – 24,5 мм, Рахів – 22,1 мм), на заході (Львів – 20 мм), в центрі (Черкаси – 18 мм), на півдні (Херсон – 33,3 та 30 мм) на сході (Гадяч 28 мм) й на півночі (Суми 38,4 мм).

В табл. 4 наведено розподіл ефективного радіуса крапель на верхній межі хмар залежно від її висоти за 170 вимірами впродовж 26-31.05.2015 р.

Таблиця 4. Повторюваність (%) ефективного радіуса крапель на верхній межі хмар залежно від її висоти

Ефективний радіус, мкм	Верхня межа хмар, км		
	≤ 5	>5...<9	9-14
6	29	21	15
8	8	10	11
≥ 10	1,5	1	3,5

Виділено три групи хмар: 1) верхня межа в межах < 5 км, 2) >5...< 9 км, 3) 9-14 км. Основні результати такі: на верхній межі хмар спостерігали ефективний радіус крапель в межах 6-45 мкм; найчастіше фіксували ефективний радіус крапель розміром 6 мкм (65% всієї вибірки); повторюваність ефективного радіуса крапель розміром 6 мкм зменшується зі збільшенням верхньої межі, відповідно 29, 21, 15 %; повторюваність ефективного радіуса крапель розміром 8 мкм, навпаки, збільшується, хоча й незначно, зі зростанням висоти верхньої межі, відповідно 8, 10, 11 %; більші розміри ефективного радіуса крапель (10, 15, 20, 45 мкм) фіксували епізодично на різних висотах, найчастіше в хмарах з верхньою межею 9-14 км. Загалом їх повторюваність незначна (6 %).

Взаємозв'язок розмірів ефективного радіуса крапель з водозапасом хмарних систем та інтенсивністю опадів 28.05.2015 р. представлено в табл. 5 а, б.

У помірних опадах максимальну повторюваність мали краплі з ефективним радіусом 6 мкм (86%), значно рідше спостерігали краплі з радіусом 8 мкм (14 %). У сильних опадах також найчастіше фіксували краплі з ефективним радіусом 6 мкм (71 %), проте вдвічі збільшилася повторюваність крапель 8 мкм (29 %). Більш широкий діапазон ефективного радіуса крапель (6-45 мкм) відмічали у дуже сильних опадах, максимальну частоту мали краплі з ефективним радіусом 8 мкм (56 %). Крупні краплі (10, 15, 20, 45 мкм) спостерігали рідше (2 %).

За наведеними даними чітко прослідковується збільшення водозапасу хмар для можливості формування опадів підвищеної інтенсивності. Для утворення помірних опадів достатньо водозапасу в межах 17-35/35-70 г/м² (78%), сильних та

дуже сильних 35-70/70-150 г/м² (відповідно 69 та 81%). Із хмар з водозапасом >150 г/м² випадали тільки сильні й дуже сильні опади (відповідно 8 та 11%).

Таблиця 5. Повторюваність (%) значень ефективного радіуса крапель на верхній межі хмар (а) та водозапасу (б) залежно від інтенсивності опадів

Ефективний радіус, мкм (а) та водозапас, г/м ² (б)	Характеристика та інтенсивність опадів, мм/год		
	помірні, >0,17-0,50	сильні, >0,50-1,58	дуже сильні, >1,58
а)			
6	86	71	42
8	14	29	56
≥10	–	–	2
б)			
17-35	34	23	8
35-70	44	33	38
70-150	22	36	43
150-270		2	3
270-400		2	4
>400		4	4

В другій синоптичній ситуації 25-29.06 2015 р. сильні опади також були зумовлені дією блокуючого процесу. Глобальні фронтальні системи наблизилися одна до одної, що призвело до загострення центрів хвиль та утворення декількох приземних замкнених циклонічних центрів. Опади охоплювали всю територію України, найбільш інтенсивні на Лівобережжі, в деяких місцях вони були катастрофічні: в Запоріжжі за 2 год випало 65,7 мм, в Гадячі за 30 хв – 10,2 мм. Відповідні дані про ефективний радіус крапель, водозапас та інтенсивність опадів наведено в табл. 6 а, б.

Таблиця 6. Повторюваність (%) ефективного радіуса крапель та водозапасу залежно від інтенсивності опадів у синоптичній ситуації 25-29.06 2015 р.

Ефективний радіус, мкм (а), водозапас (б)	Характеристика та інтенсивність опадів, мм/год		
	помірні, >0,17-0,50	сильні, >0,50-1,58	дуже сильні, >1,58
а)			
6	100	47	39
8	-	40	44
≥ 10		13	17
б)			
17-35	60	29	15
35-70	40	41	38
70-150	-	24	33
150-270	-	6	10
270-400			2
600-1000			2

Ефективний радіус крапель, що зумовили помірні опади, становив 6 мкм, а водозапас був в межах 17-70 г/м²: 17-35 (60%) та 35-70 г/м² (40%). Відмінності в значеннях ефективного радіуса крапель у сильних та дуже сильних опадах проявляються в меншій повторюваності крапель розміром 6 мкм (на 12%), проте більший з радіусом у 8 та ≥ 10 мкм (відповідно на 11 та 13%). Водозапаси більш суттєво відрізнялися: повторюваність водозапасу 17-35 г/м² у дуже сильних опадах була вдвічі меншою (29 та 15%), 35-70 г/м² – майже однакова (41 та 38%), а водозапаси 70-150 та 150-270 г/м² мали більшу повторюваність у дуже сильних

опадів (на 17%). Також у дуже сильних опадах фіксували водозапаси в межах 400-1000 г/м² (4%).

При випадінні сильних та дуже сильних опадів в просторі фронтальних хмарних систем фіксують осередки-конгломерати, які складаються з декількох, менших за розміром, осередків зі значно більшими значеннями мікрофізичних показників. Наприклад, 28.05.2015 р. через Сумську область з півдня на північ (Гадяч → Білопіль) зміщувався осередок площею ~6000 км², на зовнішніх межах якого по всьому периметру ефективний радіус становив 8 мкм, а в середині він складався з невеликих осередків з різними значеннями ефективного радіуса, таких як 15, 20, 40, 45 мкм. Інший випадок спостерігали 10.05.2014 р., в Черкаській обл. Осередок (як і в попередньому випадку) мав форму, близьку до еліпса, і в його просторі площею ~4000 км² відмічали невеликі осередки з ефективним радіусом 8, 10, 15, 25, 40, 45 мкм. Загалом, згущення та розрідження крапель є природнім станом, властивим хмарам [7].

Як в першому, так і в другому випадку було визначено інтенсивність опадів та мікрофізичні показники на всіх навколишніх станціях: 28.05.2015 р. (Гадяч, Ромни, Лебедин, Суми) та 10.05.2014 р. (Умань, Жашків, Звенигородка, Сміла, Чигирин, Золотоноша, Канів). Станції Сумської обл. фіксували опади тривалістю в межах 0,20-3,47 год, кількістю 0,4-27,7 мм, інтенсивністю 1,49-7,98 мм/год. На станціях Черкаської обл. відмічали опади тривалістю від 0,4 до 6,0 год, кількістю в межах 0,1-8,7 мм та інтенсивністю відповідно 0,04-4,66 мм/год, табл. 7, 8.

Таблиця 7. Метеорологічні (кількість, тривалість, інтенсивність) та мікрофізичні (ефективний радіус, оптична товщина, водозапас) показники 28.05.2015 р., Сумська обл.

Станція	Період випадіння	Q, мм	T, год	I, мм/год	еф. рад., мкм	оп. тов.	LWP, г/м ²
Гадяч	06-12	1,0	0,67	1,49	8	10	35-70
	12-18	27,7	3,47	7,98	6, 8	20	70-150
Ромни	12-18	3,4	1,50	2,27	6	10	35-70
Лебедин	06-12	0,4	0,20	2,00	8	4	17-35
	12-18	2,9	1,55	1,87	8,15,6	10	35-70
Суми	12-18	13,3	2,00	6,65	8	20	70-150

Таблиця 8. Метеорологічні (кількість, тривалість, інтенсивність) та мікрофізичні (ефективний радіус, оптична товщина, водозапас) показники 10.05. 2014 р., Черкаська обл.

Станція	Період випадіння	Q, мм	T, го д	I, мм/год	еф. рад., мкм	оп. то в.	LWP, г/м ²
Умань	06-12	8,5	5,6	1,52	6	20,10	70-150, 35-70
	12-18	2,2	2,25	0,98	6	10,20	35-70, 70-150
Жашків	06-12	8,7	6,0	1,45	8,6	20	70-150
	12-18	2,9	2,9	1,00	6	10	35-70
Звенигородка	06-12	4,1	3,85	1,06	6	20	70-150
	12-18	6,2	1,33	4,66	8,6	20, 60	70-150, 270-400
Сміла	06-12	1,0	0,6	1,67	8	40	150-270
	12-18	0,1	2,33	0,04	8	4, 10	17-35, 35-70
Чигирин	00-06	7,0	4,4	1,59	6	20	70-150
	06-12	0,4	0,4	1,0	6	10	35-70
Золотоноша	06-12	2,4	1,17	2,05	25,30	20,40	70-150, 150-270
	12-18	0,3	1,4	0,21	6	4, 10	17-35, 35-70
Канів	06-12	5,4	1,4	3,86	8	40,60	150-270, 270-400
	12-18	4,3	1,6	2,69	6	10	35-70

Дані таблиць свідчать, що, хоча конгломерати-осередки не перетинали станції (крім метеостанції Звенигородка), зі зростанням інтенсивності опадів певною мірою збільшуються значення мікрофізичних показників. Так, у сильних опадах переважав ефективний радіус 6 мкм й водозапас 35-70 г/м², а в дуже сильних – рівнозначно 6 та 8 мкм, іноді – 15, 25, 30 мкм й водозапас найчастіше 70-150 і навіть в межах 150-400 г/м². На метеостанції Звенигородка фіксували найбільш інтенсивні опади (4,7 мм/год), ефективний радіус – 8 мкм, водозапас – 270-400 г/м².

Слід зазначити, що при проходженні через територію України фронтальних хмарних систем фіксують (не часто) подібні конгломерати. Більш за все вони розповсюджуються смугами. Повністю прослідити зв'язок відповідних значень ефективного радіуса крапель в конгломераті з інтенсивністю опадів на станціях, над якими він зміщується, складно через їх рідку мережу. Наведемо приклад 07.08.2016 р. Конгломерат-осередок мав форму смуги, розповсюдженої з південного заходу на північний схід, довжиною близько 200-250 км та змінною шириною (в межах 15-30 км). В цій смузі досить щільно були зосереджені невеликі осередки з ефективним радіусом 8, 10, 15, 20, 30, 40, 45 мкм. Відповідно верхня межа хмар була в межах 7-14 км, а водозапас від 150 г до ≥10 кг на 1м². Опади, в просторі смуги, були зафіксовані в Одесі та на метеостанції Долинська. В Одесі за 2,3 год випало 55,4 мм опадів з середньою інтенсивністю ~24 мм/год (дуже сильні опади тривали 1 год 7 хв і в цей час інтенсивність була значно більшою). На метеостанції Долинська за 1 год 5 хв випало 10,3 мм інтенсивністю 9,5 мм/год. Формування цих опадів відбувалося за значеннями ефективного радіуса у 40, 45 мкм (Одеса) та 20 мкм (Долинська). Відповідні значення водозапасу були ≥10 кг/м² та 400-600 г/м². Наведені дані свідчать про надзвичайно складні механізми інтенсивного опадоутворення. Можливо, ці смуги підвищених значень мікрофізичних показників є зонами конвергенції, причини утворення яких в межах хмарних систем потребують дослідження.

Висновки. За результатами дослідження вперше для території України було визначено ефективний радіус крапель на верхній межі основних форм хмар. Показано, що найбільш поширеними значеннями ефективного радіуса крапель є 6 та 8 мкм. Визначено взаємозв'язок ефективного радіуса крапель з висотою, оптичною товщиною, водозапасом хмар та інтенсивністю опадів. Виявлено, що у випадках, коли опади охоплюють велику площу (близько 50% і більше території України), мають місце так звані "хмарні конгломерати" – утворення із підвищеними значеннями мікрофізичних показників (по відношенню до всього хмарного поля), які переважно мають форму смуг та зумовлюють дуже сильні опади.

Список літератури

1. Дорман Б.А., Баханов В.П., Манжара А.А. Микрофизические и оптические характеристики фронтальных смешанных облаков (результаты численного моделирования) // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, 2010. Вип. 259. С. 74-90.
 2. Заболоцька Т.М., Шпиг В.М. Трансформація баричного поля та хмарності у випадку тривалих і сильних опадів // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, 2014. Вип. 266. С. 12-19.
 3. Заболоцька Т.М., Шпиг В.М. Синоптичні умови утворення стихійних явищ погоди на території України. Частина I // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2018. №1 (48). С. 57-67.
 4. Кривобок А. Новые возможности приема цифровой спутниковой информации через систему EUMETCAST // Український гідрометеорологічний журнал, 2008. №3. С. 25-32.
 5. Королев А.В., Мазин И.П. Зоны сгущения и разрежения капель в облаках слоистых форм // Метеорология и гидрология, 1990. № 8. С. 55-63.
 6. Наставление по службе прогнозов. Раздел 2. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 56 с.
 7. Облака и облачная атмосфера (справочник) / Под ред. И.П. Мазина, А.Х. Хргиана. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 647 с.
 8. Синькевич А.А., Матросов С.Ю. Строение арктического слоисто-дождевого облака по данным самолетных
- ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 1 (56)

и радиолокационных измерений // *Метеорология и гидрология*, 2008. № 10. С. 34-51. **9.** Brengular J.-L., Pawlowska H., Schuller L., Hreusker R., Fischer J., Fouquart Y. Radiative Properties of Boundary Layer Clouds: Droplet Effective Radius versus Number Concentration // *J. Atmos. Sci.* 2000. Vol. 57. P. 803-821. **10.** Chen R., Chang F.-L., Li Sh., Ferraro R., Weng F. Impact the Vertical Variation of Cloud Droplet Size on the Estimation of Cloud Liquid Water Path and Rain Detection // *Journal of the Atmospheric Sciences (Special Section)*. 2007. Vol. 64. P. 2843-2853. **11.** Draginis M. Liquid-water within convective clouds // *J. Met.* 1958. Vol.15, № 6. P.481-485. **12.** Frish S., Shupe M., Djalalova I., Feincol G., Pollot M.Y. The Retrieval of Stratus Cloud Droplet Effective Radius with Cloud Radars // *J. Atmospheric and Oceanic Technology*. 2002. Vol. 19. P. 835-842. **13.** Han Q., Roscow W.B., Lacis A.A. Near Global Survey of Effective Droplet Radii in Liquid Water Clouds using ISCCP Data // *J. Climate*. 1994. Vol. 7. P. 465-497. **14.** Kryvobok O.A. Monitoring characteristics of young convective clouds using MSG data// *Meteo-France, Toulouse. Visiting Scientist Report*. 30 January 2005. P. 49. **15.** Martin G.M., Johnson D.W., Spice A.J. The Measurement and Parametrization of Effective Radius of Droplets in Warm Stratocumulus Clouds // *J. Atmos. Sci.* 1994. Vol. 51, № 13. P. 1823-1842. **16.** McFarquar G., Heymsfield A. Microphysical characteristics of three anvils sampled during the Central Equatorial Pacific Experiment // *J. Atmos. Sci.* 1996. Vol. 53. P. 2401-2423. **17.** Poellot M., Kucera P., Heymsfield A. et al. A case study of tropical cirrus anvil microphysics from CRYSTAL-FACE // *In Proc. Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Bologna*, 2004. **18.** Pontikis C.A., Hicks E.M. The Influence of Clear Air Entrainment in the Droplet Effective Radius of Warm Maritime Convective Clouds // *J. Atmos. Sci.* 1993. Vol. 50, № 17. P. 2889-2900. **19.** Pontikis C.A. Parametrization of the droplet radius of warm layer clouds // *Physical Research Letters*. 1996. Vol. 23, № 19. P. 2629-2632. **20.** Rausch J., Meyer K., Bennartz R., Platnick St. Differences in liquid cloud droplet effective radius and number concentration estimates between MODIS collections 5,1 and 6 over global oceans // *Atmospheric Measurement Techniques*. 2017. Vol. 10. P. 2105-2116. **21.** Song H., Zhang Z., Ma P.-L., Chan S., Wang M. The importance considering sub-grid cloud variability when using satellite observations to evaluate the cloud and precipitation simulations a climate models // *Geosci. Model Dev*. 2018. Vol. 11. P. 3147-3158. **22.** Schumacher P.W. Free water in high altitudes // *J. Aircraft*. 1964. Vol. 1, № 1. P. 46-48. **23.** Weickmann H.K. Kampe H.J. Physical properties of cumulus clouds // *J. Met.* 1953. Vol. 10, № 3. P. 204-211.

Reference

1. Dorman B.A., Bahanov V.P., Manzhara A.A. Mikrofizicheskie i opticheskie harakteristiki frontal'nyh smeshannyh oblakov (rezul'taty chislennoho modelirovaniya) // *Naukovi praci Ukraïns'kogo naukovo-doslidnogo gidrometeorologichnogo institutu*, 2010. Vip. 259. S. 74-90. **2.** Zabolots'ka T.M., Shpyh V.M. Transformatsiia barychnoho polia ta khmarnosti u vypadku tryvalykh i syl'nykh opadiv // *Naukovi pratsi Ukraïns'koho naukovo-doslidnogo hidrometeorologichnogo instytutu*, 2014. Vyp. 266. S. 12-19. **3.** Заблоцька Т.М., Шпиг В.М. Синоптичні умови утворення стихійних явищ погоди на території України. Частина I // *Гідрологія, гідрохімія і гідроєкологія*, 2018. №1 (48). С. 57-67. **4.** Krivobok A. Novye vozmozhnosti priema cifrovoj sputnikovoj informacii cherez sistemu EUMETCAST // *Ukraïns'kij gidrometeorologichnij zhurnal*, 2008. №3. S. 25-32. **5.** Korolev A.V., Mazin I.P. Zony sgushhenija i razrezhenija kapel' v oblakah sloistykh form // *Meteorologija i gidrologija*, 1990. № 8. S. 55-63. **6.** *Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razdel 2. L.: Gidrometeoizdat*, 1981. 56 s. **7.** Oblaka i oblachnaja atmosfera (spravochnik) # Pod red. I.P. Mazina, A.H. Hrgiana. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 647 s. **8.** Sin'kevich A.A., Matrosov S.Ju. Stroenie arkticheskogo sloisto-dozhdevogo oblaka po dannym samoletnyh i radiolokacionnyh izmerenij // *Meteorologija i gidrologija*, 2008. № 10. S. 34-51. **9.** Brengular J.-L., Pawlowska H., Schuller L., Hreusker R., Fischer J., Fouquart Y. Radiative Properties of Boundary Layer Clouds: Droplet Effective Radius versus Number Concentration // *J. Atmos. Sci.* 2000. Vol. 57. P. 803-821. **10.** Chen R., Chang F.-L., Li Sh., Ferraro R., Weng F. Impact the Vertical Variation of Cloud Droplet Size on the Estimation of Cloud Liquid Water Path and Rain Detection // *Journal of the Atmospheric Sciences (Special Section)*. 2007. Vol. 64. P. 2843-2853. **11.** Draginis M. Liquid-water within convective clouds // *J. Met.* 1958. Vol.15, № 6. P.481-485. **12.** Frish S., Shupe M., Djalalova I., Feincol G., Pollot M.Y. The Retrieval of Stratus Cloud Droplet Effective Radius with Cloud Radars // *J. Atmospheric and Oceanic Technology*. 2002. Vol. 19. P. 835-842. **13.** Han Q., Roscow W.B., Lacis A.A. Near

Global Survey of Effective Droplet Radii in Liquid Water Clouds using ISCCP Data // J. Climate. 1994. Vol. 7. P. 465-497. **14.** Kryvobok O.A. Monitoring characteristics of young convective clouds using MSG data// Meteo-France, Toulouse. Visiting Scientist Report. 30 January 2005. P. 49. **15.** Martin G.M., Johnson D.W., Spice A.J. The Measurement and Parametrization of Effective Radius of Droplets in Warm Stratocumulus Clouds // J. Atmos. Sci. 1994. Vol. 51, № 13. P. 1823-1842. **16.** McFarquar G., Heymsfield A. Microphysical characteristics of three anvils sampled during the Central Equatorial Pacific Experiment // J. Atmos. Sci. 1996. Vol. 53. P. 2401-2423. **17.** Poellot M., Kucera P., Heymsfield A. et al. A case study of tropical cirrus anvil microphysics from CRYSTAL-FACE // In Proc. Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Bologna, 2004. **18.** Pontikis C.A., Hicks E.M. The Influence of Clear Air Entrainment in the Droplet Effective Radius of Warm Maritime Convective Clouds // J. Atmos. Sci. 1993. Vol. 50, № 17. P. 2889-2900. **19.** Pontikis C.A. Parametrization of the droplet radius of warm layer clouds // Physical Research Letters. 1996. Vol. 23, № 19. P. 2629-2632. **20.** Rausch J., Meyer K., Bennartz R., Platnick S. Differences in liquid cloud droplet effective radius and number concentration estimates between MODIS collections 5,1 and 6 over global oceans // Atmospheric Measurement Techniques. 2017. Vol. 10. P. 2105-2116. **21.** Song H., Zhang Z., Ma P-L, Chan S., Wang M. The importance considering sub-grid cloud variability when using satellite observations to evaluate the cloud and precipitation simulations a climate models // Geosci. Model Dev. 2018. Vol. 11. P. 3147-3158. **22.** Schumacher P.W. Free water in high altitudes // J. Aircraft. 1964. Vol. 1, № 1. P. 46-48. **23.** Weickmann H.K. Kampe H.J. Physical properties of cumulus clouds // J. Met. 1953. Vol. 10, № 3. P. 204-211.

Ефективний радіус крапель в хмарах різних форм та фронтальних хмарних системах за даними супутникових спостережень у теплий період року

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

Визначено та проаналізовано розподіл ефективного радіуса крапель на верхній межі основних форм хмар над територією України за супутниковими спостереженнями впродовж 2-х років (2014-2015 рр.). Значення ефективного радіуса на верхній межі ізольованих купчасто-дощових хмар та його зв'язок з оптичною товщиною оцінено за вимірами в Києві впродовж квітня-вересня 2014 р. Для тих випадків, коли купчасто-дощові хмари спричиняли опади, визначено залежність ефективного радіуса крапель від типу опадів та їх інтенсивності, а також оцінено зв'язок між водозапасом цих хмар та інтенсивністю опадів. Розподіл ефективного радіуса крапель в хмарах потужних фронтальних систем, що зумовили опади на всій території країни, було визначено в двох синоптичних ситуаціях та оцінено його залежність від висоти верхньої межі, типу та інтенсивності опадів, водозапасу хмар. Проаналізовано випадки наявності в хмарних системах ізольованих осередків у вигляді смуг із щільно згрупованими різними, проте підвищеними, значеннями ефективного радіуса, що зумовлювали сильні опади.

Ключові слова: ефективний радіус; оптична товщина; водозапас; форми хмар; супутникові виміри.

Эффективный радиус капель в облаках различных форм и фронтальных облачных системах по данным спутниковых наблюдений в теплый период года

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

Определено и проанализировано распределение эффективного радиуса капель на верхней границе основных форм облаков над территорией Украины в течение 2-х лет (2014-2015 гг.). Значения эффективного радиуса на верхней границе изолированных кучево-дождевых облаков и его связь с оптической толщиной оценены по измерениям в Киеве в течение апреля-сентября 2014 г. Для тех случаев, когда кучево-дождевые облака сопровождалась осадками, определена зависимость эффективного радиуса капель от типа осадков и их интенсивности, а также оценена связь между водозапасом этих облаков и интенсивностью осадков. Распределение эффективного радиуса капель в облаках мощных фронтальных систем, обуславливающих осадки на всей территории страны, было определено в двух синоптических ситуациях и оценена его зависимость от высоты верхней границы и водозапаса облаков, а также от типа и интенсивности осадков. Проанализированы случаи наличия в облачных системах изолированных очагов, в виде полос, с плотно сгруппированными различными, но повышенными, значениями эффективного радиуса, обуславливающие сильные осадки.

Ключевые слова: эффективный радиус; оптическая толщина; водозапас; форма облаков; спутниковые измерения.

Drop effective radius in main cloud types and frontal cloud systems estimated by satellite observations in warm period of year

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

The distribution of drop effective radius on cloud upper level was defined and analyzed for main cloud forms over Ukraine during two years (2014-2015) using satellite observations. The effective radius values of isolated cumulonimbus on cloud top and its dependency on optical thickness was estimated in measurements during April-September 2014 over Kyiv area. For cumulonimbus clouds with precipitation the dependence of effective radius on the type, precipitation intensity and liquid water path was defined. The distribution of drop effective radius on cloud top in the strength frontal systems with heavy showers area over all territory of Ukraine was defined for two systems and its dependence on the cloud height and the precipitation type, their intensity and the liquid water path was estimated. For all types of clouds the size of effective radius of the droplets was $6\text{ }\mu\text{m}$. In St and As cloud system droplets with this size of effective radius were observed in 100%, in Sc and As cloud system - 91-92%. The values of effective radius in Ns and Cb cloud system was close to $6\text{ }\mu\text{m}$ (71 and 89% respectively). Larger droplets ($8\text{ }\mu\text{m}$) in Ns were observed in 29% and in Cb in 9%. However, in Cb, accompanied by rainfalls and powerful thunderstorms, the values of effective radius were $10\text{--}15\text{ }\mu\text{m}$ (1.5%) and $25\text{--}45\text{ }\mu\text{m}$ (0.5%). In 75% of moderate precipitation cases were formed by drops with an effective radius of $6\text{ }\mu\text{m}$ and in 25% with an effective radius of $8\text{ }\mu\text{m}$. For the heavy precipitated clouds, the drops with an effective radius of $8\text{ }\mu\text{m}$ (62%) had the highest frequency, in 33% the effective radius of $6\text{ }\mu\text{m}$ were observed. The larger droplets ($\geq 10\text{ }\mu\text{m}$) had a small frequency (5%). The drop effective radius for cases of heavy rainfalls was $8\text{ }\mu\text{m}$ in 75%, in 25% larger droplets were observed ($10, 15$ and $30\text{ }\mu\text{m}$). More intense rainfall was accompanied by greater values of cloud water content and, accordingly, greater effective radius values. The cases with large values of microphysical parameters and precipitation were observed as streaks in frontal cloud systems.

Keywords: effective radius; optical thickness; liquid water path; cloud forms; satellite measurements.

Надійшла до редколегії 10.12.2019

УДК 551.574.42

Пясецька С.І., Савчук С.В., Тимофеев В.Є.

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

ПОБУДОВА ФУНКЦІЇ ЛІНІЙНОГО ДИСКРИМІНАНТНОГО АНАЛІЗУ ТА ЇЇ ОЦІНКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ (ОЖЕЛЕДЬ) НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Ключові слова: небезпечні явища; відкладення ожеледі; коефіцієнт кореляції; дискримінантний аналіз; побудова лінійної дискримінантної функції; прогноз; оцінка справджуваності.

Вступ. Як відомо відкладення ожеледі відносяться до несприятливих погодних явищ. На території України відкладення ожеледі є типовим явищем та спостерігаються кожного року у зимові місяці та окремі місяці перехідних сезонів (наприкінці осені та до середини весни). Найбільш небезпечними вони є для діяльності ряду галузей господарства. У першу чергу вони перешкоджають безперебійній роботі таких ланок економіки як електроенергетика, зв'язок, транспорт, комунальна сфера. Також такі відкладення можуть впливати на сільськогосподарську сферу сприяючи утворенню льодяної кірки на посівах та руйнуючи сади ламаючи фруктові дерева. Найбільш небезпечними при цьому є значні відкладення ожеледі категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихийні). Крім того збитків можуть завдати масові відкладення ожеледі, які охоплюють значні площі, особливо якщо вони поєднуються із значними, або якщо значні відкладення ожеледі набувають масового характеру. Зважаючи на руйнівну силу таких відкладень актуальним є не тільки постійний моніторинг розповсюдження таких відкладень, визначення динаміки їх прояву на окремих територіях, а й можливість передбачення їх утворення.

ISSN:2306-5680 **Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolojiia. 2020. № 1 (56)**

Об'єкт, предмет та мета дослідження. Об'єктом дослідження є відкладення ожеледі на дротах стандартного ожеледного станка, у тому числі діаметр яких відповідає критеріям НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні).

Предметом дослідження є розповсюдження відкладень ожеледі на дротах стандартного ожеледного станка, у тому числі значних розмірів на території України на сучасному етапі зміни клімату протягом 2001-2016 рр.

Метою дослідження є побудова прогнозу можливості виникнення відкладень ожеледі на території України за певних метеорологічних параметрів для вивчення у подальшому вразливих районів та їх мінливості по території у найближчі десятиліття.

Методи дослідження. Загальним методом дослідження є емпірико-статистичний, а також методи кореляційного та лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливості утворення екстремальних метеорологічних явищ таких як відкладення ожеледі.

Огляд стану дослідження проблеми. Дослідження фізико-географічних особливостей просторового розподілу ожеледо-паморозевих відкладень на території України започатковано у роботах А.М. Раєвського [18, 25-31] та М.М. Волевахи [4]. Із врахуванням відносної висоти місцевості, ступеня захищеності по відношенню до переважаючих при відкладенні ожеледі вітрів, експозиції самого мікросхилу на якому знаходиться пункт спостереження встановлено 7 основних типів рельєфу. Визначено, що V-VII типи рельєфу є найбільш ожеледонебезпечні, проте у Карпатах та Криму (переважно VII тип) чіткий зв'язок між абсолютними висотами та частотою і розмірами ожеледо-паморозевих відкладень [29], виявлено для пунктів які знаходяться на одному схилі та в однакових умовах.

Особливості виникнення, стан розповсюдження та розробка схем прогнозування ожеледо-паморозевих відкладень, зокрема ожеледі на території України протягом кінця 30-х – початку 70-х років XX сторіччя представлено у роботах О.М. Кошенка [9-13] та у монографіях [7, 15, 16]. Найбільша повторюваність цього явища зазвичай спостерігається протягом грудня – лютого. Територіально максимального свого прояву досягає в районі Донецького кряжу, Приазовської височини, Кримських горах (захід), Волино-Подільській та Придніпровській височинах, Карпатах (північно-східні схили та високогір'я). Найчастіше небезпечні відкладення ожеледі мали місце в районі Донецького кряжу, Приазовської височини та Криму. Прогнозування ожеледо-паморозевих утворень розпочате О.М.Кошенком було продовжене у роботах В.О. Волевахи та інш. [5, 6] на основі альтернативного прогнозу із застосуванням дискримінантного аналізу та побудови відповідних рівнянь. Ця спроба залучення апарату математичної статистики була здійснена для прогнозування інтенсивності відкладень ожеледі у тому числі помірної та сильної. Цей метод було запропоновано для розробки альтернативного методу прогнозу наявності чи відсутності явища помірної чи сильної ожеледі, якому передували відбір параметрів для характеристики стану атмосфери із залученням ряду показників на ізобаричних поверхнях від землі до 700 гПа та інформації про стан самого відкладення ожеледі. Ця робота була продовжена у дослідженні прогнозування діаметрів відкладень помірної та сильної ожеледі на території рівнинної частини України. Наступний етап дослідження охоплює період з середини 70-х років до кінця XX ст., який був присвячений сучасному на той час клімату України та суміжною з нею територією Молдавії [8, 32]. Останньою фундаментальною роботою з дослідження стихійних метеорологічних явищ на Україні у тому числі і сильної ожеледі є монографія [33], в якій досліджено стан інтенсивності та розповсюдження стихійних явищ протягом 1985-2005 рр.

Науковими дослідженнями у різних сферах наукової діяльності доведено

зв'язок між змінами клімату і зростанням кількості небезпечних та стихійних явищ. Оцінки цього зв'язку та передбачення майбутніх змін клімату у XXI ст. регіонального аспекту опубліковано у дослідженнях Г.В. Грузи та Е.Я. Ранькової (2004, 2008), по території України В.Ф. Мартазиною [14], а також глобальному масштабі у IPCC, 2007: Climate Change 2007 [35]. Беручи до уваги те, що неможливо уникнути цих змін та невідворотність подій, пов'язаних із зміною клімату постала проблема уникнення, або зменшення збитків від них та необхідність проведення ряду адаптаційних заходів для різних сфер життєдіяльності людства до нових кліматичних умов з метою стійкого розвитку економіки і суспільства [1, 19, 20, 34, 36, 37]. Метеорологічні ризики визначаються по 2-м головним характеристикам погодозалежності споживача [3] – через небезпеку повторюваності несприятливих умов погоди та метеорологічну вразливість (об'єктивна реальність техногенного середовища), яку можна змінити за допомогою оптимальної метеорологічної адаптації. Головна мета адаптації – це максимальне зниження втрат з метеорологічних причин і як наслідок зниження ризику впливу умов погоди (метеорологічного ризику). Концепція таких досліджень представлена у роботах О.І. Бедрицького, О.О. Коршунова, Л.А. Хандожко [1-3], де запропоновано схему у якій наведені блоки із визначення попереджених збитків, не попереджених збитків, витрати на попереджувальні заходи, прогнозний блок (прогнози різної завчасності, альтернативний та інерційний). Для визначення імовірного стану клімату в Україні постає необхідність його передбачення шляхом прогнозу окремих показників та особливо окремих природних явищ зокрема таких як ожеледо-паморозеві відкладення, які є не тільки несприятливими явищами взагалі але й можуть мати небезпечний та стихійний характер.

Натепер, зважаючи на попередні роботи авторів [21-24] для території України подано результати дослідження з побудови функції дискримінантного аналізу для визначення можливості виникнення відкладень ожеледі при окремих метеорологічних параметрах (величинах) протягом 2001-2010 рр. та результати оцінки справджуваності на незалежному матеріалі 2011-2016 рр. прогностичних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за 2001-2010 рр.

Характеристика використаного матеріалу. Для опрацювання залучались матеріали Метеорологічних щомісячників на підставі таблиць спостережень за відкладеннями ожеледі на стандартному ожеледному станку, а також з таблиць метеорологічних спостережень на метеорологічних станціях (ТМС-84) Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) імені Бориса Срезневського. Період спостережень становив 2001-2016 рр.

Обговорення основних результатів дослідження. Результати дослідження викладено у двох підрозділах., які відповідають окремим етапам дослідження.

1. Побудова функції лінійного дискримінантного аналізу для визначення екстремальних погодних явищ (ожеледь) на основі аналогового підходу.

Для визначення виникнення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь), побудовано функції лінійного дискримінантного аналізу (у день з цим явищем на стандартному ожеледному станку).

З метою визначення можливості виникнення екстремальних метеорологічних явищ на прикладі такого несприятливого метеорологічного явища, як ожеледь (у дати її початку), було побудовано лінійні дискримінантні функції на прикладі зимового сезону за 2001-2013 рр. на 187 станціях України. Розрахунки проведено на підставі:

- бази даних із екстремальних метеорологічних явища – ожеледь (а саме дати її початку її відкладення) із спостережень за відкладеннями ожеледі на

стандартному ожеледному станку (матеріали Метеорологічного щомісячника);

- бази даних із метеорологічних величин у визначенні дати із початку відкладень ожеледі, між якими на попередніх етапах роботи було визначено статистично значущі кореляційні зв'язки ($r=\pm 0,6$ і нижче/вище відповідно): середня, максимальна, мінімальна добова температура повітря ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$); середня вологість повітря ($F_{\text{сер}}, \%$); атмосферний тиск повітря на рівні моря ($P_{\text{мор}}, \text{ГПа}$) та середня швидкість вітру ($V_{\text{сер}}, \text{м/с}$) [21-24]. Програмним пакетом для розрахунків є «СТАСТИСТИКА».

Робота з побудови функції лінійного дискримінантного аналізу мала експериментальний характер, і була побудована на аналоговому підході. Це пов'язано із особливостями залучених вхідних даних. З усього періоду спостережень до аналізу залучались тільки метеорологічні величин у дати початку ожеледі (що могла охоплювати до 40 % території, поодинокі випадки до розглядання не долучались); а тому в якості випадків її відсутності – тільки дати з екстремальним холодом на більшій частині території України (60 %) взимку. На попередніх етапах роботи за екстремальний холод було прийнято значення мінімальної добової температури повітря, що дорівнювали чи були нижчими за їх 5-ту ($T_{\text{мін}_{5p}}$ і нижче) процентиль. Така методика була обрана не випадково, тому що при екстремальному холодні (дуже низьких температурах) утворення ожеледі не можливо. Здебільшого її утворення спостерігається при температурах повітря - $4,0 \dots +4,0 ^\circ\text{C}$. У цей діапазон входять практично 90 % усіх випадків її утворення, але найбільш типовим температурним інтервалом є $-2,0 \dots +2,0 ^\circ\text{C}$ Крім того при її утворенні великого значення набуває відносна вологість повітря. При незначній вологості немає умов для її виникнення.

Щоб уникнути штучного покращення результатів у розрахунках при залученні всіх метеорологічних величин, з подібними включно, між якими є статистично значущі кореляційні зв'язки; шукану дискримінантну функцію отримано експериментально шляхом покрокового включення у розрахунки тільки однієї з подібних метеорологічних величин із температури ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$). На цьому етапі робіт для уникнення впливу орографії на результат та через особливості обраного програмного забезпечення і потужності використовуваних технічних засобів дискримінантні функції розраховувались у областних центрах. При залученні до розрахунку разом з перерахованими вище метеорологічними величинами максимальної температури ($T_{\text{мах}}, ^\circ\text{C}$) для отримання дискримінантної функції, справджуваність результатів виявилась значна (найліпша поміж температур), шукане рівняння має такий вигляд (формула (1)):

$$y = 1.88 - 0.17 * T_{\text{мах}} - 0,10 * F_{\text{сер}} + 0,01 * P_{\text{мор}} - 0,06 * V_{\text{сер}}. \quad (1)$$

Після опрацювання отриманого рівняння із застосуванням метеорологічних величин стосовно обраних дат щодо двох використаних масивів даних, зазначених вище, було отримано достатньо високу справджуваність дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: від 91 % (при $y_1 < 0,199$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі) до 90 % (при $y_0 \geq 0,2$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати дати з екстремальним холодом ($T_{\text{мін}_{5p}}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України).

Для оцінки справджуваності дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь), отриманої за зимовий сезон 2001-2013 рр., в якості незалежного матеріалу було обрано зимовий сезон періоду 2014-2016 рр. Відповідно було доповнено архів даних спостережень та сформовано відповідні

бази даних. Після виконання всіх необхідних розрахунків було отримано достатньо високу оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2014-2016 рр. дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: до 78 % (при $y_0 \geq 0,105$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати з екстремальним холодом ($T_{\min 5p}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України) та від 90 % (при $y_1 < 0,054$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі).

2. Побудова прогностичної функції лінійного дискримінантного аналізу та її оцінка для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) із триденною завчасністю

До побудови функції лінійного дискримінантного аналізу для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь), можливо застосувати декілька підходів. Якщо у першому розділі було показано результати аналогового підходу для побудови дискримінантних функцій безпосередньо для дат виникнення таких відкладень, то у другому розділі наведено результати таких розрахунків для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) з 3-и денною завчасністю. Таку завчасність було обрано зважаючи вже опрацьований в низці наукових праць підхід 1-2-ох денної завчасності. Використання цього підходу є більш актуальним, тому що він має прикладне значення.

З метою визначення можливості виникнення екстремальних метеорологічних явищ з 3-денною завчасністю на прикладі одного з несприятливих метеорологічних явищ – відкладень ожеледі, зокрема, дати її початку, побудовано лінійну дискримінантну функцію.

Вихідні дані отримано за матеріалами Метеорологічних щомісячників на підставі таблиць спостережень за відкладеннями ожеледі на стандартному ожеледному станку, а також з таблиць метеорологічних спостережень на метеорологічних станціях (ТМС-84) Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) імені Бориса Срезневського.

Розрахунки функції лінійного дискримінантного аналізу проведено на підставі двох баз даних:

- бази даних із екстремальних метеорологічних явищ (дати початку відкладень ожеледі);
- бази даних із метеорологічних величин у визначенні дати із початку відкладень ожеледі.

Дослідження було виконано на прикладі зимового сезону з залученням означених на попередніх етапах роботи 13 метеорологічних величин на 187 метеорологічних станціях (МС) України за 2001-2010рр.: середня, мінімальна, максимальна добова температура повітря ($T_{\text{сер}}$, $T_{\text{мін}}$, $T_{\text{мах}}$, °C); середня, мінімальна, максимальна відносна вологість повітря ($F_{\text{сер}}$, $F_{\text{мін}}$, $F_{\text{мах}}$, %); тиск на рівні станції та моря (P_0 , P_m , гПа); середня, максимальна (з 8 строків), абсолютна строкова швидкість вітру ($V_{\text{сер}}$, $V_{\text{мах}}$, $V_{\text{абс}}$, м/с); кількість опадів (R , мм); висота снігового покриву ($H_{\text{сн}}$, см). Робота виконувалась на підставі обраних метеорологічних величин в добовому розрізі. Період для отримання рівняння було дещо змінено на 2001-2010 рр., для збільшення періоду призначеного для оцінки на 2011-2016 рр. з огляду на отримання об'єктивних результатів оцінки.

При формуванні бази даних метеорологічних величин у дати з початком відкладень ожеледі врахувалась її повторюваність по території для виключення поодиноких випадків, що не є показовими для отримання надійних результатів. У подальшому для уникнення похибок впливу орографії на результат а забезпечення однорідності даних та через особливості обраного програмного забезпечення дискримінантні функції розраховувались на прикладі областних центрів країни. Це

було зроблено також з огляду на довгорядність низки областних центрів. Виключення із розгляду метеорологічних станцій України з дуже своєрідними фізико-географічними умовами таких високогірних станцій, як Ай-Петрі, Плай, Пожежевська, пояснювалось потребою окремого підходу та уточнень при подальшому використанні їх даних.

Для отримання прогностичної функції залучались метеорологічні величини, сформовані у дві вибірки даних: у дати початку ожеледі; та дати відсутності випадків із нею, що водночас є умовою її 3-х денної завчасності. Обов'язковою вимогою була перевірка цих 2-х окреслених вибірок з бази даних на неспівпадіння та виключення з них випадків співпадіння дат. Аналогічно до аналогового підходу залучались тільки метеорологічні величини між якими на попередніх етапах роботи було визначено статистично значущі кореляційні зв'язки ($r \geq 0,6$ і $r \leq -0,6$): середня, максимальна, мінімальна добова температура повітря ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$); середня вологість повітря ($F_{\text{сер}}, \%$); атмосферний тиск повітря на рівні моря ($P_{\text{мор}}$) та середня швидкість вітру ($V_{\text{сер}}, \text{м/с}$). При розрахунках коефіцієнту кореляції, враховувалось довжина ряду не менше 30 ($n \geq 30$). Для уникнення штучного покращення результатів у розрахунках при залученні всіх метеорологічних величин, з подібними включно, між якими є статистично значущі кореляційні зв'язки; шукану дискримінантну функцію отримано експериментально шляхом покрокового включення у розрахунки тільки однієї з подібних метеорологічних величин із температури ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$). При залученні до розрахунку разом з перерахованими вище метеорологічними величинами максимальної температури ($T_{\text{мах}}, ^\circ\text{C}$), справджуваність результатів є значною і найліпшою поміж температур.

Отже, шукана функція лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливості виникнення з 3-х денною завчасністю відкладень ожеледі, за період 2001-2010 рр. має такий вигляд (формула (2)):

$$y = 12.07 - 0.05 * T_{\text{макс}} - 0.13 * F_{\text{сер}} - 0.20 * V_{\text{сер}}. \quad (2)$$

Після опрацювання отриманого рівняння із застосуванням метеорологічних величин стосовно обраних дат щодо двох використаних масивів даних, зазначених вище, отримано достатньо значну та задовільну справджуваність прогностичних функцій можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 62 % (при $y_0 \geq -0,052$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати передуючі обраним датам з відкладенням ожеледі, отримані з огляду на 3-х денну завчасність відносно них, та до 73 % (при $y_1 < -0,053$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладенням ожеледі). Результати рівняння, отриманого при розрахунках прогностичних дискримінантних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. візуалізовано та представлено на рисунку 1.

Для оцінки справджуваності прогностичної функції екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) з 3-х денною завчасністю, отриманої за зимовий сезон 2001-2010 рр., в якості незалежного матеріалу було обрано зимовий сезон періоду 2011-2016 рр. Для чого було доповнено архів даних спостережень, та сформовано відповідні бази даних та вибірки з них. При їх формуванні було враховано та виконано всі необхідні для виконання належних розрахунків положень, викладених у попередніх етапах розрахунків шуканої дискримінантної функції за 2001-2010 рр.

Після виконання всіх необхідних розрахунків, було отримано достатньо значну та задовільну оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон

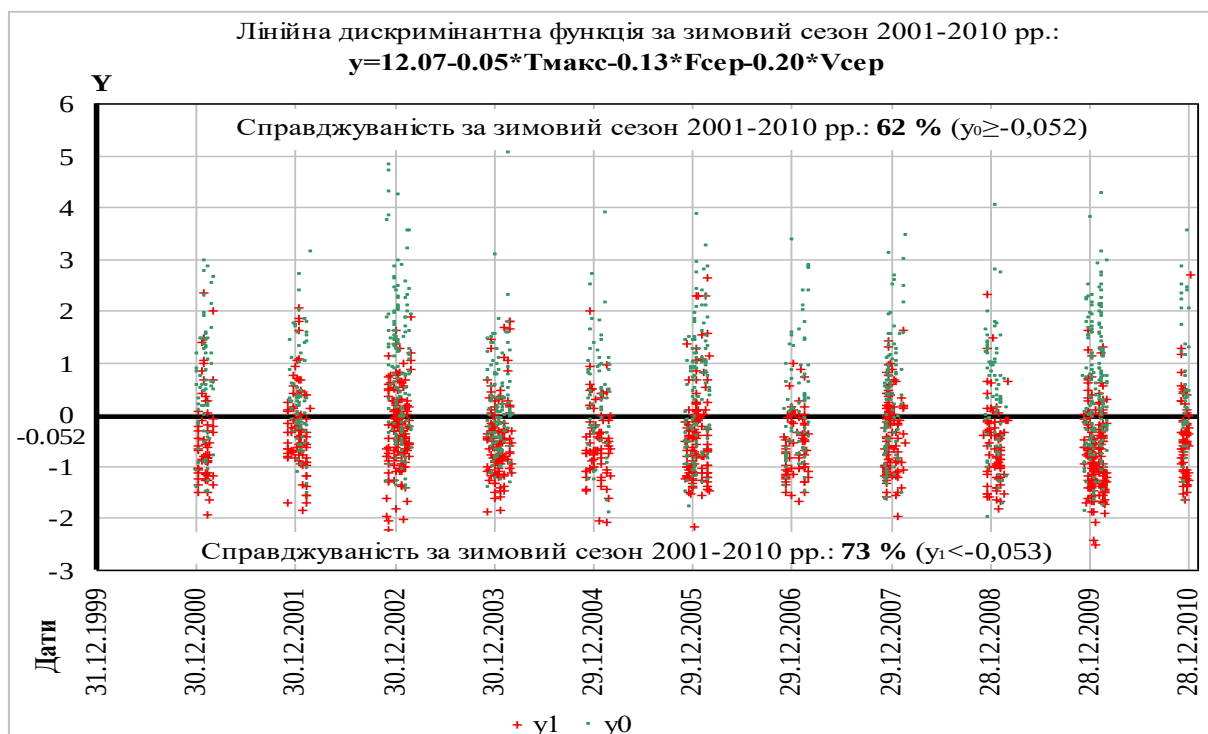


Рис.1. Результати розрахунків прогностичних дискримінантних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за 2001-2010 рр. Зима. Україна

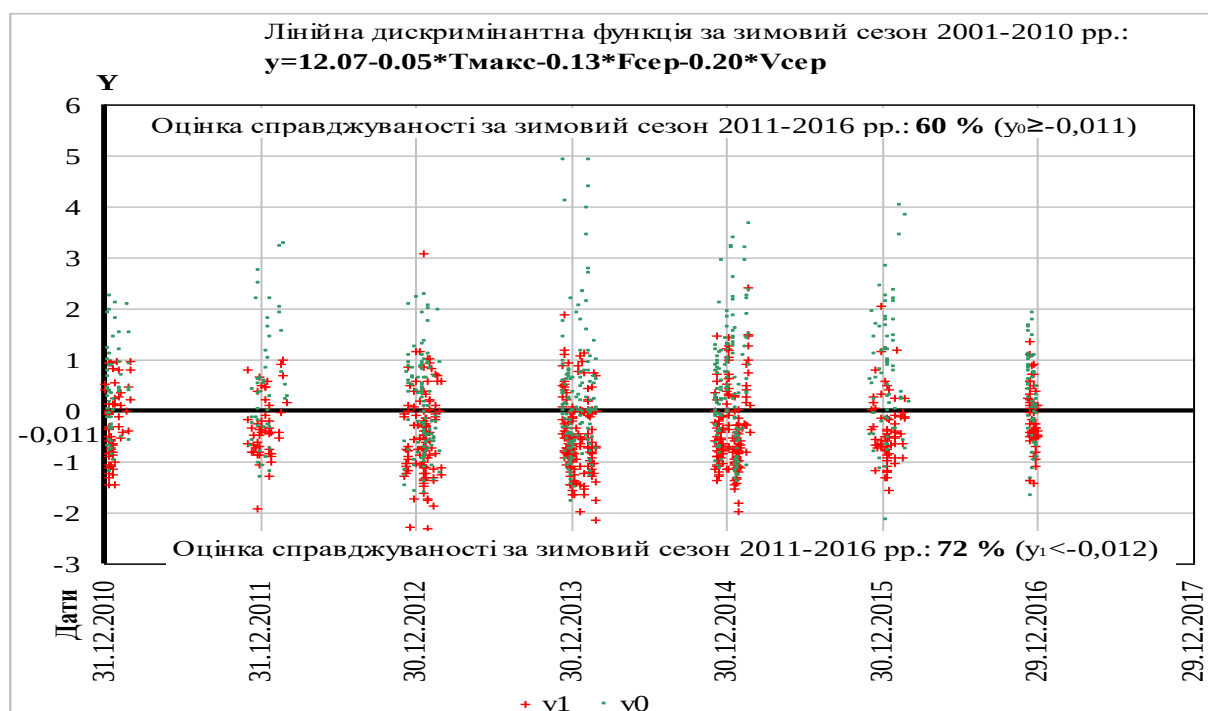


Рис.2 Результати оцінки справджуваності на незалежному матеріалі 2011-2016 рр. прогностичних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за 2001-2010 рр. Зима. Україна

2011-2016 рр. прогностичної функції можливих екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) з 3-х денною завчасністю за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 60 % (при $y_1 \geq -0.011$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у

ISSN:2306-5680 *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 2020. № 1 (56)

дати передуючі обраним датам з відкладенням ожеледі, отримані з огляду на 3-х денну завчасність відносно них), до 72 % (при $y_1 < -0,012$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі). Результати оцінки справджуваності на незалежному матеріалі 2011-2016 рр. отриманої прогностичної функції для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. представлено на рисунку 2.

Висновки. Отже, в ході побудови лінійних дискримінантних функцій для визначення можливості виникнення такого несприятливого явища як відкладення ожеледі було отримано ряд висновків:

1. Отримано достатньо високу справджуваність дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: від 91 % (при $y_1 < 0,199$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі) до 90 % (при $y_0 \geq 0,2$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати дати з екстремальним холодом ($T_{\min 5p}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України).

2. Було отримано достатньо високу оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2014-2016 рр. дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: до 78 % (при $y_0 \geq 0,105$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати з екстремальним холодом ($T_{\min 5p}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України) та від 90 % (при $y_1 < 0,054$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі).

3. Отримано прогностичну функцію лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр., застосовуючи тільки метеорологічні величини зі статистично значущими кореляційними зв'язками ($r \geq 0,6$ і $r \leq -0,6$). А саме, максимумальна температура повітря ($T_{\max}$, °C); середня вологість повітря ($F_{\text{сер}}$, %); та середня швидкість вітру ($V_{\text{сер}}$, м/с) з відповідними їх коефіцієнтами (-0,05; -0,13; -0,20) і константою (12,07).

4. Отримано достатньо значну та задовільну справджуваність прогностичних функцій можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 62 % (при $y_0 \geq -0,052$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати передуючі обраним датам з відкладенням ожеледі, отримані з огляду на 3-х денну завчасність відносно них) та до 73 % (при $y_1 < -0,053$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі).

5. Отримано задовільну оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2011-2016 рр. прогностичної функції можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ на прикладі відкладень ожеледі за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 60 % (для y_0) та до 72 % (для y_1).

Список літератури

1. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Показатели влияния погодных условий на экономику: региональное распределение экономических потерь и экономической выгоды при использовании гидрометеорологической информации и продукции. Метеорология и гидрология, 1999. № 3. С. 5-17. 2. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Показатели влияния погодных условий на экономику: чувствительность потребителя к воздействию гидрометеорологического фактору. Метеорология и гидрология, 2000. № 2. С. 5-9. 3. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Основы оптимальной адаптации экономики России к опасным проявлениям погоды и климата. Метеорология и гидрология, 2009. № 4. С. 5-14.

4. *Волеваха Н.М.* О влиянии орографии на гололедные отложения. Труды УкрНИГМИ, 1958. Вып. 13. С. 82-86. 5. *Волеваха В.А. Волконская Н.К, Башкирова Л.Е.* О возможности прогнозирования интенсивности отложения гололеда. Труды УкрНИГМИ, 1986. Вып. 219. 58-67. 6. *Волеваха В.А. Прохоренко В.М.* Рекомендации к прогнозу умеренного и сильного гололеда на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1991. Вып. 239. 48-55. 7. Климат Украины [Монография] / Под ред. Г.Ф. Прихотьюко, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 413 с. 8. Клімат України [Монография] / За ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Вид-во. Раєвського, 2003. – 343 с. 9. *Кошенко А.М.* Особо опасные гололеды на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1976. Вып. 134. С. 79-91. 10. *Кошенко А.М.* Особо опасные отложения гололеда в Горном Крыму. Труды УкрНИГМИ, 1977. Вып. 160. С. 3-12. 11. *Кошенко А.М.* Рекомендации к прогнозу особо опасных отложений гололеда внутримассового происхождения на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1977. Вып. 160. С. 13-20. 12. *Кошенко А.М.* Рекомендации к прогнозу фронтальных гололедов на Украине Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып. 113. С. 3-8. 13. *Кошенко А.М.* Некоторые характеристики внутримассовых гололедов на Украине. Труды УкрГМИ, 1972. Вып. 113. С. 9-18. 14. *Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю.* Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине. Геофизический журнал, 2006. Т. 28. № 1. С. 51-60. 15. Опасные явления погоды на Украине / Под ред. К.Т. Логвинова. Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып. 110. 235 с. 16. Природа Украинской ССР. Климат [Монография] / Под ред. К.Т. Логвинова, М.И. Щербаня. К.: Наукова думка, 1984. 231 с. 17. *Прохоренко М.М., Раевский А.Н.* Особенности распределения гололедно-изморозевых отложений на территории Украины в аномальные зимы. Метеорология, климатология и гидрология, 1975. Вып. 11. С. 33-37. 18. *Прохоренко М.М., Раевский А.Н.* Распределение и условия возникновения особо опасных отложений атмосферного льда на территории Украины. Труды УкрНИГМИ, 1973. Вып. 124. С. 84-90. 19. Прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям / Под ред. А.А. Васильева. М.: Триада Лтд., 2007. – 312 с. 20. Предотвращение опасности и смягчение последствий стихийных бедствий. Бюл. ВМО. Женева, 2006. № 993. 34 с. 21. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П., Савчук С.В.* Визначення кореляційного зв'язку між окремими метеорологічними параметрами при екстремальних метеорологічних явищах (відкладення ожеледі) по сезонах року. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. Том 2. № 53. С. 74-87. 22. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П., Савчук С.В.* Визначення кореляційного зв'язку між окремими метеорологічними величинами у дати початку відкладення ожеледі на території України по місяцях холодного періоду року протягом 2001-2013 рр. та їх просторовий розподіл. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. Том 4. № 55. С. 140-151. 23. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П.* Визначення кореляційного зв'язку між метеорологічними параметрами у дати початку відкладень ожеледі по окремих сезонах року на території України протягом 2001-2013 рр. Збірник матеріалів науково-практичної конференції (з міжнародною участю) «Каркасні (селітебні і дорожні) антропогенні ландшафти: теоретичні та прикладні аспекти» 24-25.04.2019 р. м. Вінниця, 2019. Секція 4. Перспективи природокористування, управління та охорона каркасних антропогенних ландшафтів. С. 89-93. 24. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П.* Кореляційний зв'язок між окремими метеорологічними величинами у дати початку відкладення ожеледі на території України у місяці холодного періоду року протягом 2001-2013 рр. та їх просторовий розподіл. Міжнародна науково-практична конференція "Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології)". 2-4 жовтня 2019 р. Київ (Україна). Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. Том 3. № 54. С. 147-148. 25. *Раевский А.Н.* К вопросу о повторяемости гололеда. Метеорология и гидрология, 1953. № 1. С. 28-31. 26. *Раевский А.Н.* Влияние рельефа на распределение гололедно-изморозевых отложений. Труды ОГМИ, 1961. Вып. XXIII. С. 3-10. 27. *Раевский А.Н.* О распределении гололеда на территории Украины. Труды УкрНИГМИ., 1961. Вып. 29. С. 50-62. 28. *Раевский А.Н.* Влияние особенностей рельефа на распределение гололедных отложений. Труды ГГО, 1961. Вып. 122. С. 75-80. 29. *Раевский А.Н.* К вопросу о влиянии рельефа на распределение отложений гололеда в Украинских Карпатах. Метеорология, климатология

и гидрология, 1968. Вып. 3. С. 80-84. **30.** Раевский А.Н., Вязовченко Е.А. Синоптические условия образования значительного гололеда в Украинских Карпатах. Метеорология, климатология и гидрология, 1969. Вып. 5. С. 64-70. **31.** Раевский А.Н. К вопросу о влиянии характера рельефа и лесистости на распределение гололедно-изморозевых отложений. Труды УкрНИГМИ, 1967. Вып. 65. С. 113-117. **32.** Стихийные метеорологические явления на Украине и Молдавии [Монография] / Под ред. В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 223 с. **33.** Стихийні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) [Монография] / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. К.: Вид-во Ніка-Центр, 2006. 311 с. **34.** Annual Review: Natural Catastrophes 2002? Munich Re Group Topics. 48p. **35.** IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. / S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2007. **36.** Changnon S. A., Pielke R.A. Jr., Changnon D., et al. Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2000. Vol. 81. № 3. pp. 417-425. **37.** Robenburt E., Tunstall D. and Van Bulhuis F. Environmental indicators for global cooperation. – Global Environment Facility, Working Paper. 1996. № 11.

References

1. Bedritskiy A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A., Shaymardanov M.Z. Pokazateli vliyaniya pogodnykh usloviy na ekonomiku: regional'noye raspredeleniye ekonomicheskikh poter' i ekonomicheskoy vygody pr ispol'zovanii gidrometeorologicheskoy informatsii i produktsii. Meteorologiya i gidrologiya, 1999. № 3. S. 5-17. **2.** Bedritskiy A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A., Shaymardanov M.Z. Pokazateli vliyaniya pogodnykh usloviy na ekonomiku: chuvstvitel'nost' potrebitelya k vozddeystviyushchemu gidrometeorologicheskomu faktoru. Meteorologiya i gidrologiya, 2000. № 2. S. 5-9. **3.** Bedritskiy A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A., Shaymardanov M.Z. Osnovy optimal'noy adaptatsii ekonomiki Rossii k opasnym proyavleniyam pogody i klimata. Meteorologiya i gidrologiya, 2009. № 4. S. 5-14. **4.** Volevakha N.M. O vliyani orografii na gololednyye otlozheniya. Trudy UkrNIGMI, 1958. Vyp. 13. S. 82-86. **5.** Volevakha V.A., Volkonskaya N.K., Bashkirova L.Ye. O vozmozhnosti prognozirovaniya intensivnosti otlozheniya gololeda. Trudy UkrNIGMI, 1986. Vyp. 219. S. 58-67. **6.** Volevakha V.A., Prokhorenko V.M. Rekomendatsii k prognozu umerennogo i sil'nogo gololeda na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1991. Vyp. 239. S. 48-55. **7.** Klimat Ukrainy [Monografiya] / Pod red. G.F. Prihot'ko, A.V. Tkachenko, V.N. Babichenko. L.: Gidrometeizdat, 1967. 413 s. **8.** Klimat Ukraïni [Monografiya] / Za red. V.M. Lipin'skogo, V.A. Dyachuka, V.M. Babichenko. K.: Vid-vo. Raëvs'kogo, 2003. – 343 s. **9.** Koshenko A.M. Osobo opasnyye gololedy na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1976. Vyp. 134. S. 79-91. **10.** Koshenko A.M. Osobo opasnyye otlozheniya gololeda v Gornom Krymu. Trudy UkrNIGMI, – 1977. Vyp. 160. S. 3-12. **11.** Koshenko A.M. Rekomendatsii k prognozu osobo opasnykh otlozheniy gololeda vnutrimassovogo proiskhozhdeniya na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1977. Vyp. 160. S. 13-20. **12.** Koshenko A.M. Rekomendatsii k prognozu frontal'nykh gololedov na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1972. Vyp. 113. S. 3-8. **13.** Koshenko A.M. Nekotoryye kharakteristiki vnutrimassovykh gololedov na Ukraine. Trudy UkrGMI, 1972. Vyp. 113. S. 9-18. **14.** Martazinova V.F., Ivanova Ye.K., Chayka D.YU. Izmeneniya krupnomasshtabnoy atmosferynoy tsirkulyatsii vozdukha na protyazhenii KHKH veka i yeye vliyaniye na pogodnyye usloviya i regional'nyu tsirkulyatsiyu vozdukha v Ukraine. Geofizicheskii zhurnal, 2006. T. 28. № 1. S. 51-60. **15.** Opasnyye yavleniya pogody na Ukraine / Pod red. K.T. Logvinova. Trudy UkrNIGMI, 1972. Vyp. 110. S. 235 s. **16.** Priroda Ukrainy SSR. Klimat [Monografiya] / Pod red. K.T. Logvinova, M.I. Shcherbanya. K.: Naukova dumka, 1984. 231 s. **17.** Prokhorenko M.M., Rayevskiy A.N. Osobennosti raspredeleniya gololedno-izmorozevykh otlozheniy na territorii Ukrainy v anomal'nyye zimy. Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya, 1975. Vyp. 11. S. 33-37. **18.** Prokhorenko M.M., Rayevskiy A.N. Raspredeleniye i usloviya vozniknoveniya osobo opasnykh otlozheniy atmosferynoy l'da na territorii Ukrainy. Trudy UkrNIGMI, 1973. Vyp. 124. S. 84-90. **19.** Prognozirovaniye i adaptatsiya obshchestva k ekstremal'nym klimaticheskim izmeneniyam / Pod red. A.A. Vasil'yeva. M.: Triada Ltd., 2007. 312 s. **20.** Predotvrashcheniye opasnosti i smyagcheniye posledstviy stikhiynykh bedstviy. Byul. VMO. Zheneva, 2006. № 993. 34 s. **21.** Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P., Savchuk S.V. Viznachennya korelyatsiynogo zv'yazku

мізх окремими метеорологічними параметрами при екстремальних метеорологічних явищах (відкладення ожеледі) по сезонах року. Гідрологія, гідрохімія і гідроекнологія, 2019. Том 2. № 53. С. 74-87. **22. Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P., Savchuk S.V.** Vznachennya korelyatsiynogo zv'yazku mizh okremimi meteorologichnimi velichinami u dati pochatku vidkladennya ozheledi na teritorii Ukraïni po misyatsyakh kholodnogo periodu roku protyagom 2001-2013 rr. ta ikh prostoroviy rozpodil. Gidrologiya, gidrokhimiya i gidroyekologiya. 2019. Tom 4. № 55. S. 140-151. **23. Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P.** Vznachennya korelyatsiynogo zv'yazku mizh meteorologichnimi parametrami u dati pochatku vidkladen' ozheledi po okremikh sezonakh roku na teritorii Ukraïni protyagom 2001-2013 rr. Zbirnik materialiv naukovo-praktichnoi konferentsii (z mizhnarodnoyu uchastyu) «Karkasni (selitebni i dorozhni) antropogenni lvdnshafti: teoretichni ta prikladni aspekti» 24-25.04.2019 r. m. Vinnitsya, 2019. Sektsiya 4. Perspektivi priroдокorisuvannya, upravlinnya ta okhорona karkasnikh antropogennikh landshaftiv. S. 89-93. **24. Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P.** Korelyatsiyniy zv'yazok mizh okremimi meteorologichnimi velichinami u dati pochatku vidkladennya ozheledi na teritorii Ukraïni u misyatsi kholodnogo periodu roku protyagom 2001-2013 rr. ta ikh prostoroviy rozpodil. Mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiya "Rel'ef, klimat ta poverkhnevi vodi yak ob'ekti prirodnicho-geografichnikh doslidzhen' (do 70-richchya kafedr zemleznavstva ta geomorfologii, meteorologii ta klimatologii, gidrologii ta gidroyekologii)". 2-4 zhovtnya 2019 r. Kii'v (Ukraïna). – Kii'v: KNU im.. Tarasa Shevchenka. Gidrologiya, gidrokhimiya i gidroyekologiya, 2019. Tom 3. № 54. S. 147-148. **25. Rayevskiy A.N.** K voprosu o povtoryayemosti gololeda. Meteorologiya i gidrologiya, 1953. № 1. S. 28-31. **26. Rayevskiy A.N.** Vliyaniye rel'yefa na raspredeleniye gololedno-izmorozevykh otlozheniy. Trudy OGMI, 1961. Vyp. XXIII. S. 3-10. **27. Rayevskiy A.N.** O raspredelenii gololeda na territorii Ukrainy. Trudy UkrNIGMI., 1961. Vyp. 29. S. 50-62. **28. Rayevskiy A.N.** Vliyaniye osobennostey rel'yefa na raspredeleniye gololednykh otlozheniy. Trudy GGO, 1961. Vyp. 122. S. 75-80. **29. Rayevskiy A.N.** K voprosu o vliyanii rel'yefa na raspredeleniye otlozheniy gololeda v Ukrainских Karpatakh. Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya, 1968. Vyp. 3. S. 80-84. **30. Rayevskiy A.N., Vyazovchenko Ye.A.** Sinopticheskiye usloviya obrazovaniya znachitel'nogo gololeda v Ukrainских Karpatakh. Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya, 1969. Vyp. 5. S. 64-70. **31. Rayevskiy A.N.** K voprosu o vliyanii kharaktera rel'yefa i lesistosti na raspredeleniye gololedno-izmorozevykh otlozheniy. Trudy UkrNIGMI, 1967. Vyp. 65. S. 113-117. **32. Stikhiynnye meteorologicheskiye yavleniya na Ukraine i Moldavii [Monografiya] / Pod red. V.N. Babichenko. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 223 s.** **33. Stikhiynni meteorologichni yavishcha na teritorii Ukraïni za ostannē dvadtsyatirichchya (1986-2005 rr.) [Monografiya] / Za red. V.M. Lipins'kogo, V.Í. Osadchogo, V.M. Babichenko. K.: Vid-vo Nika-Tsentr, 2006. 311 s.** **34. Annual Review: Natural Catastrophes 2002? Munich Re Group Topics. 48p.** **35. IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. / S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2007.** **36. Changnon S. A., Pielke R.A. Jr., Changnon D., et al.** Human factors explaine the increased losses from weather and climate extremes. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2000. Vol. 81. № 3. pp. 417-425. **37. Robenburg E., Tunstall D. and Van Bulhuis F.** Environmental indicators for global cooperation. – Global Environment Facility, Working Paper. 1996. № 11.

Побудова функції лінійного дискримінантного аналізу та її оцінка для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) на території України

Пясецька С.І., Савчук С.В., Тимофеев В.Є.

Для прогнозування можливості виникнення відкладень ожеледі на території України у зимовий сезон запропоновано аналоговий підхід із застосуванням побудови рівнянь лінійної дискримінантної функції. Для цього на попередніх етапах роботи були розраховані коефіцієнти кореляції між 13-ти метеорологічних величин (за добу) у дати початку відкладень ожеледі на усіх станціях України та для подальшої побудови рівнянь лінійної дискримінантної функції. Було визначено значущі коефіцієнти кореляції між окремими метеорологічними величинами, такими як температура повітря середня, максимальна, мінімальна, середня вологість повітря, середня швидкість вітру, атмосферний тиск на рівні моря. Саме ці величини було використано для побудови рівнянь лінійної дискримінантної функції для дат фактичного утворення відкладень ожеледі та подальшого прогнозу її утворення з трьох денною завчасністю. В результаті

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекнологія. 2020. № 1 (56)**

проведених розрахунків для зимового сезону 2001-2013 рр. було отримано рівняння лінійної дискримінантної функції для дат фактичного утворення відкладень ожеледі та отримано достатньо високу її справджуваність. Також для прогнозування можливого утворення відкладень ожеледі з трьох денною завчасністю отримано прогностичну функцію лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливих таких відкладень за зимовий сезон 2001-2010 рр. на прикладі областних центрів. Отримано задовільну оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2011-2016 рр. прогностичної функції можливих відкладень ожеледі протягом 2001-2010 рр.

Ключові слова: небезпечні явища; відкладення ожеледі; коефіцієнт кореляції; дискримінантний аналіз; побудова лінійної дискримінантної функції; прогноз; оцінка справджуваності.

Построение функции линейного дискриминантного анализа и ее оценка для определения экстремальных метеорологических явлений (гололед) на территории Украины
Пясецкая С.И., Савчук С.В., Тимофеев В.Е.

Для прогнозирования возможности возникновения отложений гололеда на территории Украины в зимний сезон предложено аналоговый подход с применением построения уравнений линейной дискриминантной функции. Для этого на предыдущих этапах работы были рассчитаны коэффициенты корреляции между 13-ти метеорологических величин (за сутки) в даты начала отложений гололеда на всех станциях Украины и для дальнейшего построения уравнений линейной дискриминантной функции. Было определено значимые коэффициенты корреляции между отдельными метеорологическими величинами, такими как температура воздуха средняя, максимальная, минимальная средняя влажность воздуха, средняя скорость ветра, атмосферное давление на уровне моря. Именно эти величины были использованы для построения уравнений линейной дискриминантной функции и для дат фактического образования отложений гололеда и дальнейшего прогноза ее образования из трех дневной заблаговременностью. В результате проведенных расчетов для зимнего сезона 2001-2013 гг. Было получено уравнение линейной дискриминантной функции для дат фактического образования отложений гололеда и получено достаточно высокую ее оправдываемость. Также для прогнозирования возможного образования отложений гололеда с трех дневной заблаговременностью получено прогностическую функцию линейного дискриминантного анализа для определения возможных таких отложений за зимний сезон 2001-2010 гг. На примере областной центров. Получено удовлетворительную оценку оправдываемости на независимом материале за зимний сезон 2011-2016 гг. Прогностической функции возможных отложений гололеда в течение 2001-2010 гг.

Ключевые слова: опасные явления; отложения гололеда; коэффициент корреляции; дискриминантный анализ; построение линейной дискриминантной функции; прогноз; оценка оправдываемости.

The construction of the linear discriminant analysis function and its evaluation to determine extreme meteorological phenomena (ice deposits) in Ukraine
Pyasetskaya S.I., Savchuk S.V., Timofeev V.E.

To predict the possibility of ice deposits on the territory of Ukraine in the winter season, an analogous approach is proposed using the construction of the equations of the linear discriminant function. For this, the correlation coefficients between 13 meteorological values (per day) at the start dates of ice deposits at all stations of Ukraine were calculated. Significant correlation coefficients were determined between individual meteorological variables, such as average air temperature, maximum, minimum average air humidity, average wind speed, and atmospheric pressure at sea level. It is these quantities that were used to construct the equations of the linear discriminant function and for the dates of the actual formation of ice deposits and the further forecast of its formation from a three-day lead time. As a result of the calculations for the winter season of 2001-2013 an equation of the linear discriminant function was obtained for the dates of the actual formation of ice deposits and a sufficiently high justification was obtained. Also, to predict the possible formation of ice deposits with a three-day lead time, a prognostic function of linear discriminant analysis was obtained to determine possible such deposits for the winter season of 2001-2010. On the example of the regional centers, a satisfactory assessment of the justification on an independent material for the winter season of 2011-2016 was obtained.

Thus, in constructing linear discriminant functions to determine the possibility of such an adverse event as ice deposition, a number of conclusions were obtained:

- The sufficiently high validity of the discriminant functions of extreme meteorological phenomena (ice deposits) for the winter season 2001-2013 was obtained. It ranges from 91 % (for the data set at selected dates with ice deposits) up to 90% (for an array of data at the date of extreme cold).

- A sufficiently high estimate of the validity of the independent material for the winter season 2014-2016 was obtained. It is up to 78 % (for an array of data on extreme cold dates and from 90 % (for an array of data on selected dates with ice deposits) .

- The prognostic function of linear discriminant analysis was obtained to determine possible (with 3-day timeliness) extreme meteorological phenomena (ice) during the winter season 2001-2010, using only meteorological values with statistically significant correlation, namely, the maximum air temperature; average humidity; and average wind speed.

- Sufficiently significant and satisfactory validity of the prognostic functions of possible (with 3-day timeliness) extreme meteorological phenomena (ice deposits) for the winter season 2001-2010 was obtained.

Keywords: hazardous phenomena; ice deposits; correlation coefficient; discriminant analysis; construction of a linear discriminant function; forecast; skill assessment.

Надійшла до редколегії 17.12.2019

УДК 551.582, 551.583

Малицька Л. В., Балабух В.О.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, м. Київ

ЙМОВІРНІ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ ДО СЕРЕДИНИ ХХІ СТ.

Ключові слова: ймовірні значення кліматичних показників; сценарій А1В; зміни клімату; температура; швидкість вітру; вологість.

Вступ. За останні десятиріччя проблема змін клімату стала однією з найбільш гострих проблем світової економіки та політики, яка має трансграничний масштаб і ставить під загрозу сталий розвиток всіх країн. Вирішення її вимагає зважених дій у двох напрямках: зниження викидів парникових газів та адаптація чи пом'якшення наслідків змін клімату. Для розроблення адекватних адаптаційних засобів необхідною є інформація про ймовірний стан кліматичної системи на середньо- та довгострокову перспективи, моніторинг сучасних змін клімату, аналіз основних кліматичних показників тощо. Прогнозна кліматологічна інформація має широкий діапазон використання: від масштабних проектів розвитку регіонів до нормативних документів для різних галузей виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні питанню змін клімату в поточному періоді та на середньо- і довгострокову перспективи приділено чималу увагу науковців. Дослідження ймовірних змін клімату проводяться вченими Одеського державного екологічного університету, зокрема в [1] наведено оцінку зміни режимів температури та опадів згідно сценаріїв змін клімату А2 та А1В, за двома кліматичними показниками: середньорічної температури повітря та річної суми опадів для 22 станцій гідрометеорологічних спостережень та трьох періодів дослідження: 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. Зміна режиму температури та опадів представлена також в [2], однак аналізуються зміни середньої температури повітря та зміни річних сум опадів у 2011-2025 відносно 1986-2000 р. для трьох сценаріїв А2, В1 та А1В. Подібні розробки проводяться і в Українському гідрометеорологічному інституті. Для сценарію А1В детальна характеристика термічного режиму за низкою показників представлена у [3]. Дослідження охоплюють і прикладні аспекти, зокрема оцінку майбутніх тенденцій змін характеристик гідрологічного режиму під впливом змін клімату [4], дослідження сильних опадів та паводків в Карпатах [5], оцінки змін клімату водно-болотних та лісових екосистем Українського Полісся [6], тощо.

Наявність значної кількості публікацій засвідчує чималий практичний інтерес.

Проте в деяких працях регіони України представлені реперними кліматичними станціями, а дослідження виконані за різні періоди, тому обмеженість переліку досліджуваних характеристик та недостатня деталізація вивчення кліматичних показників, зумовлює необхідність подальших розробок в цій галузі.

Формування мети статті. Метою роботи є встановлення ймовірних значень основних кліматичних показників та тенденцій їх зміни в Україні до середини XXI ст. за реалізації сценарію A1B.

Матеріали та методи. Оцінку проєкцій зміни кліматичних умов до середини XXI ст. (2021-2050 рр.), відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.) виконано за даними регіональної кліматичної моделі (PKM) REMO - ECHAM5, отриманими в рамках Європейського проєкту FP-6 ENSEMBLES для SRES A1B та фактичними добовими даними мережі гідрометеорологічних спостережень України за 1981-2010 рр. PKM REMO є одним з найкращих інструментів для вирішення поставленого завдання оскільки є верифікованою для території України і згідно [3, 7-9] має високу здатність відображати особливості регіонального клімату досліджуваної території. Горизонтальний крок моделі — 25 км.

Щоденні дані метеорологічних елементів REMO-ECHAM5 у вузлах сітки були інтерпольовані у точки з координатами пунктів гідрометеорологічних спостережень України за два періоди з 1981 по 2010 рр. та з 2021 по 2050 рр. Розрахунки проведені для 176 метеорологічних станцій мережі гідрометеорологічних спостережень України.

Алгоритм формування масиву ймовірних значень кліматичних показників у 2021-2050 рр. має 4 кроки: 1) розрахунок проєкцій середньомісячних значень кліматичних показників з 1981 по 2050 рр.; 2) кліматична обробка отриманих проєкцій, встановлення середніх багаторічних значень за досліджувані періоди; 3) оцінка різниці середніх багаторічних значень показників та встановлення її статистичної значущості за t-критерієм Стьюдента; 4) формування масиву ймовірних значень, як арифметичної суми фактичних значень та різниць за проєкціями.

Такий алгоритм досліджень дозволяє встановити можливі значення нової кліматичної норми метеорологічних показників в середині століття та уточнити просторові особливості зміни показників, їх значущість та ймовірність за реалізації сценарію A1B.

Виклад основного матеріалу. Аналіз зміни середніх багаторічних значень показників термічного режиму, режимів вітру та зволоження показав, що за реалізації сценарію A1B до середини XXI ст. в Україні відмічатимуться значимі зміни кліматичних умов порівняно із 1981-2010 рр.

Температура повітря. З ймовірністю 99 % очікується підвищення приземної температури повітря як зимовий так і в літній сезони (рис. 1, 2). В зимовий сезон температура повітря в середньому по країні може підвищитися на 1,4 °С. Інтенсивність змін зростатиме із заходу на схід, сягаючи максимуму в 2 °С у Луганській та Донецькій областях. У 2021-2050 рр. значення середньої за зиму температури повітря в Україні можуть змінюватися від -3 °С до 3 °С. Додатні температури у середині століття уже відмічатимуться не лише на півострові Крим, як у сучасний кліматичний період, а й на материковій частині України. Найнижчі температури (-3 °С і нижче), як і в сучасний період, відмічатимуться у північно-східних областях країни, високогірних районах Карпат, на сході Подільської височини та Волинському пасмо, однак їх значення можуть стати на 2 °С вищі ніж ті, що відмічають у 1981-2010 р. [10]. Можна очікувати, що за реалізації сценарію A1B, з карти просторового розподілу середніх за зиму багаторічних значень температури повітря в середині століття зникнуть ізотерми -5 °С та -4 °С.



Рис. 1. Очікувані середні багаторічні значення (а) середньої за зиму температури повітря у 2021-2050 рр. та їх зміна (б) відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.)

У літній сезон, можна очікувати підвищення середньої за сезон температури повітря на 0,8-1,2 °С. Інтенсивність змін зростатиме із півночі на південь та південний-захід (рис. 2б). На середину ХХІ століття середні значення температури влітку досягнуть +24 °С у південному регіоні країни, а в східних та центральних областях країни – +21-22 °С, які у сучасний період характерні лише для півдня країни. Найнижчі за сезон температури відмічатимуться у західному регіоні – +18-19 °С, знижуючись до +16 °С і нижче на високогір'ї Карпат. На карті середніх за літо температур зникне ізотерма +15 °С [10].



Рис. 2. Очікувані середні багаторічні значення (а) середньої за літо температури повітря у 2021-2050 рр. та їх зміна (б) відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.)

Вітер. Встановлено, що на більшій частині території України середні за зимовий сезон багаторічні значення швидкості вітру до середини ХХІ ст. можуть знизитись на 7 % у порівнянні із сучасним періодом і будуть становити 2-3 м/с для рівнинної частини та 4 м/с для зон із підвищеною вітровою активністю (рис. 3). Зонами підвищеної вітрової активності є Українські Карпати, Кримські гори, Волино-Подільська височина, Донецький кряж, західні схили Середньоруської височини та прибережні території Чорного і Азовського морів. Посилення швидкості вітру зумовлено особливостями місцевої гірсько-долинної циркуляції, у південних та південно-східних регіонах України — баричними градієнтами, які виникають внаслідок взаємодії Чорноморської депресії та області високого тиску, розташованої над північно-східними районами за межами України, що призводить до виникнення підвищеної енергії переносу повітряних мас [11].

Однак лише для північних, північно-східних та східних районів України такі зміни є статистично значущими (ймовірність більше 66 %). Слід зазначити, що в окремих районах Закарпатської, Львівської, Херсонської областей та Криму зміни

протилежні за напрямком, однак вони мало ймовірні та не суттєві, лише в південно-західному районі узбережжя Кримського півострову ці зміни є статистично значущими.

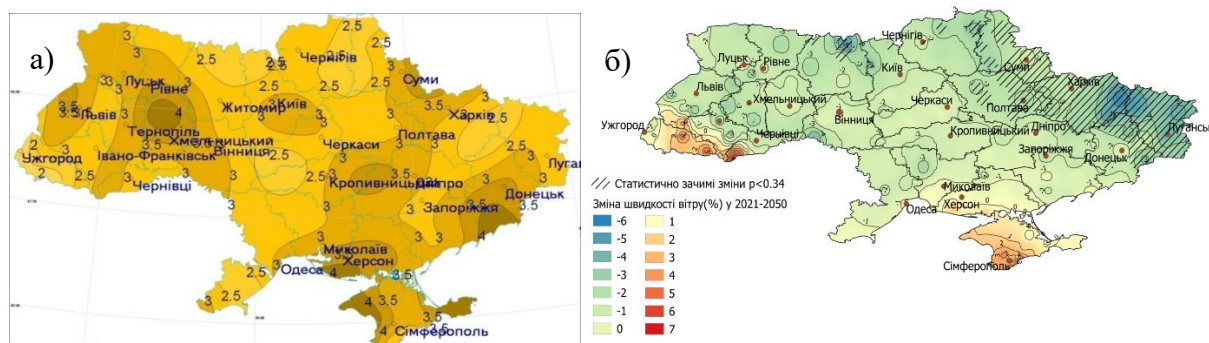


Рис. 3. Очікувані середні багаторічні значення (а) середньої за зиму швидкості вітру у 2021-2050 рр. та їх зміна (б) відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.)

Очікується, що влітку також збережеться тенденція до зниження швидкості вітру. На середину XXI ст. середні багаторічні значення середньої за сезон швидкості вітру коливатимуться від 2 м/с до 4 м/с, проти 2 - 5 м/с у сучасний кліматичний період (рис. 4). Зміни статистично значимі для західного регіону країни, Харківської області, окремих районів Запорізької, Дніпропетровської, Херсонської та Миколаївської областей (рис. 4б). Слід зазначити, що для півдня Одеської та Миколаївської областей, західної частини Кіровоградської області та південного узбережжя Кримського півострову відмічається протилежна за напрямком тенденція зміни, проте лише на західному узбережжі Кримського півострову підвищення вітру є статистично значущим.

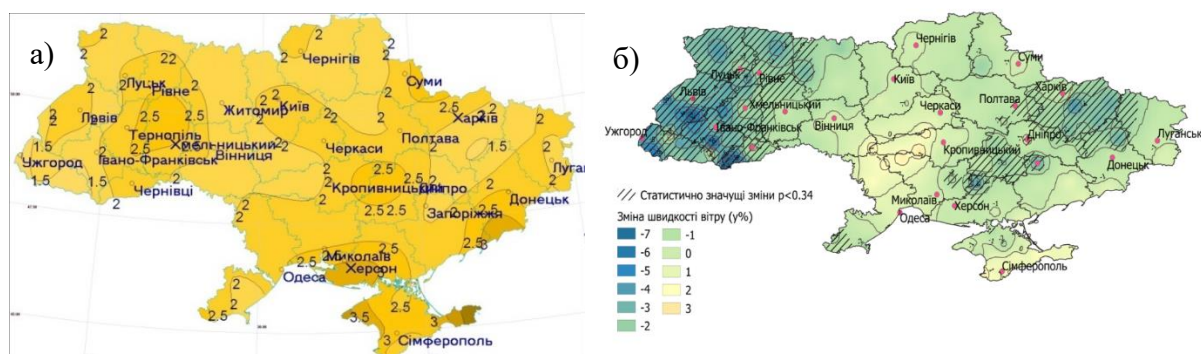


Рис. 4. Очікувані середні багаторічні значення (а) середньої за літо швидкості вітру у 2021-2050 рр. та їх зміна (б) відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.)

Відносна вологість. За реалізації сценарію A1B середні за сезон значення відносної вологості у середині XXI ст. в зимовий сезон на більшій частині території України ймовірно зростуть на 1-2 %. Найінтенсивніше відносна вологість збільшиться на Закарпатті. Однак, лише в Київській, Закарпатській, окремих районах Чернігівської, Сумської, Черкаської та Вінницької областях очікувані зміни є статистично значущими (рис. 5). Найбільший ріст відносної вологості (до 2 %) очікується на Закарпатті. Натомість в окремих районах Запорізької та Донецької областей, а саме в прибережній частині Азовського моря, можна очікувати статистично значущі зниження відносної вологості у межах 1 %.

Прогнозується, що в середині XXI ст. на півдні України та в гірських районах

країни значення середньої за зиму відносної вологості коливатимуться в межах від 65% до 70 %, на решті території від 75% до 77% (рис. 5а). Отже, вологовміст атмосфери зменшуватиметься з північного заходу на південний схід, одночасно із зростанням температури. Регіональні особливості просторового розподілу вологи, зумовлені процесом її надходження в атмосферу.

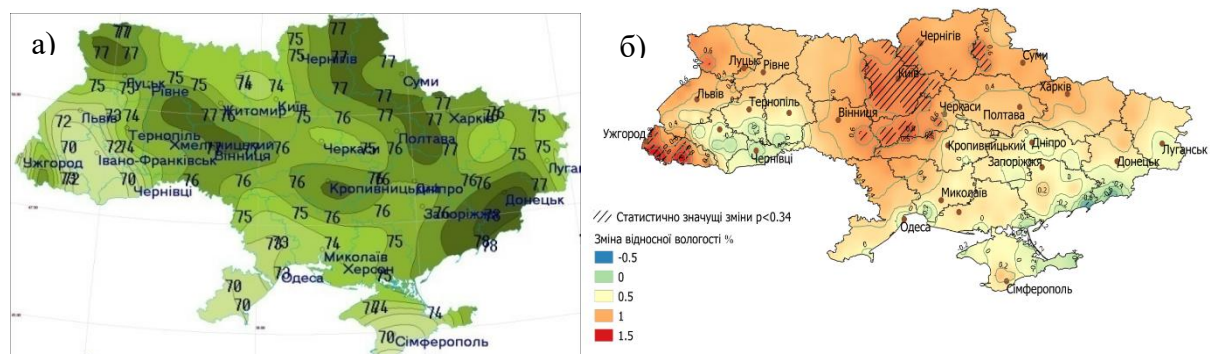


Рис. 5. Очікувані середні багаторічні значення (а) середньої за зиму відносної вологості у 2021-2050 рр. та їх зміна (б) відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.)

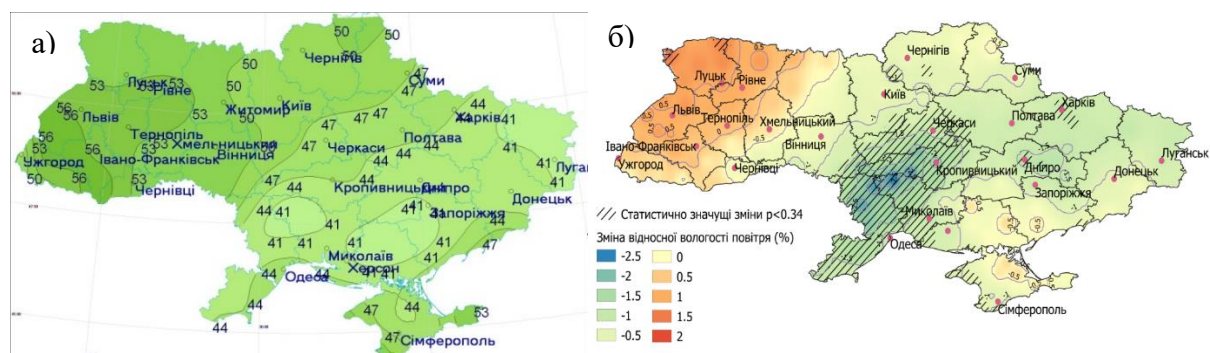


Рис. 6. Очікувані середні багаторічні значення (а) середньої за літо відносної вологості у 2021-2050 рр. та їх зміна (б) відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.)

Значення відносної вологості у літній сезон за реалізації сценарію A1B в середині XXI століття коливатимуться від 56 % на північному-заході країни до 41- 44 % на південному-сході, що на 2-3 % менше у порівняння із сучасним періодом (рис. 6). Проте, такі зміни є статистично значущі лише в Черкаській, Кіровоградській, Миколаївській, Одеській областях, окремих районах Херсонської, Дніпропетровської, Київської, Чернігівської областей та західному узбережжі АР Крим (рис. 6а). Для заходу країни характерна протилежна за напрямом тенденція зміни відносної вологості, однак ріст значень малоймовірний та статистично не значущий, за винятком північного-заходу Поліської низовини, де відносна вологість ймовірно підвищиться на 1 % порівняно із сучасним періодом.

Висновки і перспективи дослідження. Згідно отриманих результатів у разі реалізації сценарію A1B до середини XXI ст. як у зимовий так і літній сезони очікується значиме підвищення температури повітря до 1,5-2 °С, що супроводжуватиметься зниженням середньої швидкості вітру на 5-8 %. Зміни відносної вологості у різні сезони матимуть різний напрямок. Взимку очікується її зростання на 1-2%, а влітку зменшення до 3 % відносно кліматичної норми 1981-2010 рр. Однонаправленість змін характерна лише для температури повітря, для середньої швидкості вітру та відносної вологості зміни мають різний напрям для

досліджуваних сезонів, в літній статистично значущі як для вітру так і для вологості, лише тенденція до зниження, а у зимовий – зниження вітру та ріст вологості, за винятком окремих районів.

Перспективним напрямком досліджень у галузі є оцінювання середньо- та довгострокових змін та ймовірних значень основних і спеціалізованих кліматичних показників та індексів для нових сценаріїв розвитку людства (RCP AR5) за даними програми CORDEX (Coordinated Regional Downscaling Experiment), порівняння таких оцінок із наявними дослідженнями, що базуються на даних проекту FP-6 ENSEMBLES та сценаріїв SRES AR4.

Список літератури

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / за ред. д-ра фіз-мат. наук, проф. С. М. Степаненка, д-ра геогр. наук, проф. А. М. Польового. Одеса: Екологія, 2011. 696 с. 2. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / за ред. д-ра фіз-мат. наук, проф. С. М. Степаненка, д-ра геогр. наук, проф. А. М. Польового. Одеса: Вид. «ТЕС», 2015. 520 с. 3. Балабух В. А., Малицька Л. В., Ягодинец С. Н., Лавриненко Е. Н. Проекции изменения и ожидаемые значения климатических средних и показателей экстремальности термического режима к середине XXI века в Украине. *Природопользование*. 2018 №1. С.97-113. 4. Рахматулліна Е. Р., Гребін В. В. Оцінка майбутніх тенденцій змін характеристик гідрологічного режиму річок басейну Південного Бугу в зимовий період. *Укр. гідрометеорол. ж.*, 2017, №20. С. 91-98. 5. Краковская С. В., Паламарчук Л.В., Дюкель А. Региональная модель (РЕМО) в изучении сильных осадков в Карпатах. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжрегіон. зб.* 2008. № 50. С. 75–80. 6. Вразливі екосистеми Поліського природного заповідника та його околиць в умовах глобального потепління: проблеми та шляхи вирішення / Балабух В.О., Жила С.М., Орлов О.О., Яремченко О.А. Київ: Вид-во ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2013. 92 с. 7. Karl E. Taylor, Ronald J. Stouffer, Gerald A. Meehl. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2012. Vol. 93, № 4. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1> 8. Krakovska S., Gnatiuk N., Shpytal T., Shedemenko I. Methodology of the best RCMs ensemble selection applied for Ukraine. *Proc. of the International Conference on Regional Climate CORDEX (Brussels, Belgium)*. 2013. URL: http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2_44_Krakovska.pdf. 9. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедєменко І.П., Дюкель Г.О., Гнатюк Н.В. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (РЕМО) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961-1990 рр. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2008. Вип. 257. С.42-60. 10. Балабух В. О., Малицька Л. В. Оцінювання сучасних змін термічного режиму України. *Геоінформатика*. 2017. № 4(64). С. 34-49. 11. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. К.: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.

References

1. Stepanenko S. M., Pol'ovyy A. M. (Eds.) Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy. Odessa: Ecology Publ., 2011. 696 p. 2. Stepanenko S. M., Pol'ovyy A. M. (Eds.) Klimatychni zminy ta ikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy. Odessa: TES Publ., 2015. 520 p. 3. Balabukh V. A., Malytskaia L. V., Yahodynets S. N., Lavrynenko E. N. Proektsyy yzmeneniy y ozhydaemye znacheniya klymatycheskykh srednykh y pokazatelej ekstremal'nosti termicheskogo rezhyma k seredyne KhKhI veka v Ukrayne. *Pryrodopol'zovanye*. 2018 №1. S.97-113. 4. Rakhmatullina E. R., Hrebin' V. V. Ocinka majbutnix tendencij zmin xarakterystyk gidrologichnogo rezhymu richok basejnu Pivdenного Bugu v zymovij period. *Ukr. gidrometeorol. z.*, 2017, №20. S. 91-98. 5. Krakovskaja S. V., Palamarchu L.V., Djukel' A. Regional'naja model' (REMO) v izuchenii sil'nyh osadkov v Karpatah. *Meteorologija, klimatologija ta gidrologija: Mizhregion. zb.* 2008. № 50. S. 75–80. 6. Vrazlyvi ekosystemy Polisskogo pryrodnogo zapovidnyka ta jogo okolycz' v umovax global'nogo poteplinnja: problemy ta shlyaxy vyreshennja / Balabukh V.O., Zhy'la S.M., Orlov O.O., Yaremchenko O.A. Kyiv: Vy'dvo TOV «NVP Interservis», 2013. 92 s. 7. Karl E. Taylor, Ronald J. Stouffer, Gerald A. Meehl. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*.

2012. Vol. 93, № 4. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1> **8.** Krakovska S., Gnatiuk N., Shpytal T., Shedemenko I. Methodology of the best RCMs ensemble selection applied for Ukraine. *Proc. of the International Conference on Regional Climate CORDEX (Brussels, Belgium)*. 2013. URL: http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2_44_Krakovska.pdf. **9.** Krakovska S.V., Palamarchuk L.V., Shedemenko I.P., Diukel' H.O., Gnatiuk N.V. Veryfikatsiia danykh svitovoho klimatichnogo tsentu (CRU) ta rehional'noi modeli klimatu (REMO) schodo prohozu pryzemnoi temperatury povitria za kontrol'nyi period 1961-1990 rr. *Nauk. pratsi UkrNDHMI*. 2008. Vyp. 257. S.42-60. **10.** Balabukh V. O., Malyts'ka L. V. Otsiniuvannia suchasnykh zmin termichnogo rezhymu Ukrainy. *Heoinformatyka*. 2017. № 4(64). S. 34-49. **11.** *Klimat Ukrainy / za red. V. M. Lipins'koho, V. A. Diachuka, V. M. Babichenko*. K.: Vydavnytstvo Raievs'koho, 2003. 343 s.

Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст.

Малицька Л.В., Балабук В.О.

У статті встановлено вірогідні зміни середніх багаторічних значень для літнього та зимового сезонів основних кліматичних показників: температури повітря, швидкості вітру та відносної вологості повітря до середини XXI ст. (2021-2050 рр.) відносно сучасного кліматичного періоду, оцінено статистичну значущість виявлених змін та їхні ймовірні значення за даними регіональної кліматичної моделі REMO/ESCHAM5 для сценарію SRES A1B.

Ключові слова: ймовірні значення кліматичних показників; сценарій A1B; зміни клімату; температура; швидкість вітру; вологість.

Вероятные изменения климатических условий Украины к середине XXI в.

Малицкая Л.В., Балабук В.А.

В статье установлены вероятные изменения средних многолетних значений для летнего и зимнего сезонов основных климатических показателей: температуры воздуха, скорости ветра и относительной влажности до середины XXI века. (2021-2050 гг.) относительно современного климатического периода, Оценена статистическая значимость выявленных изменений и вероятные значения климатических показателей за данными региональной климатической модели REMO / ECHAM5 для сценария SRES A1B.

Ключевые слова: вероятные значения климатических показателей; сценарий A1B; изменения климата; температура; скорость ветра; влажность.

Possible changes of climate conditions in Ukraine to the middle of the XXI century

Malytska L.V., Balabukh V. O.

In Ukraine, as in the world, substantial climatic changes have happened throughout past decades. It is a fact that they are manifested in changing of parameters of the thermal regime, regimes of wind and humidity. It is expected that they will be observed also in future that will lead to aggravation of negative effects and risks due to climate change. That determines the relevance of the problem of forecasting such changes in future both globally and regionally. After all, knowledge of climate's behavior in future is very important in the development of strategies, program and measures to adapt to climate change.

The article is devoted to assessing spatio-temporal distribution main climatic indicators (air temperature, wind speed and relative humidity) in Ukraine, their variability and the probable values to the middle of the 21st century (2021-2050). Projection of changes in meteorological conditions was made for A1B scenario of SRES family using data of the regional climate model REMO and data from the hydrometeorological observation network of Ukraine (175 stations). Estimated data obtained from the European FP-6 ENSEMBLES project with a resolution of 25 km. For spatial distribution (mapping) we used open-source Geographic Information System QGIS, type of geographic coordinate system for project is WGS84.

In the middle of the XXI century, if A1B scenario is released, it is expected a significant changes of climatic parameters regarding the 1981-2010 climatic norm: air temperature is rise by 1,5 °C, average wind speed is decrease by 5-8%, relative humidity in winter probably drop by 2%, but in summer it rises by 1,5%. The unidirectionality of the changes is characteristic only of air temperature, for wind speed and relative humidity the changes are in different directions. The intensity of changes is also not uniform across the country for all climatic parameters, has its regional and seasonal features. Statistical likelihood for most of highlighted changes for all climatic parameters is 66 % and more, the air temperature change is virtually certain (p-level <0.001).

Keywords: probable values of climatic parameters; A1B scenario; climate change; temperature; wind speed; humidity.

Надійшла до редколегії 18.12.2019

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроekологія. 2020. № 1 (56)**

Савчук С.В., Тимофеев В.Є., Щеглов О.А., Артеменко В.А., Козленко І.Л.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, м. Київ

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ МЕТЕОРОЛОГІЧНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ ПРИ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЗНАЧЕННЯХ МАКСИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

Ключові слова: екстремальні значення максимальної температури повітря; метеорологічні величини; коефіцієнт кореляції; щільність.

Вступ. В багатьох регіонах зростає мінливість, екстремальність клімату, температура повітря, її екстремальні значення, пов'язані з нею величини, явища. Актуальним є вивчення сучасних змін погодних умов, максимальної добової температури, через підвищення амплітуди її сезонних коливань, неодноразове різке підвищення чи зниження в супроводі небезпечних (НЯ), стихійних гідрометеорологічних явищ (СГЯ) погоди, що впливають на погодозалежні галузі економіки [1, 8-12, 14, 20, 35]. Сучасна глобальна температура зростає на близько 0,2 °С за 10 р., швидше у регіонах Росії (коло 0,45-1 °С за 10 р.), середня річна температура Землі може перевищити більш ніж на 2 °С доіндустріальний рівень [3, 6-7, 14]. Зміни клімату, глобальної температури змінюють середню річну, місячну, добову температуру повітря в Україні [8-10, 12, 15]. За даними метеорологічної мережі України, абсолютний максимум досяг 42 °С (12.08.2010 р.) на метеорологічній станції (МС) Луганськ на сході. В останні 20 рр. у центральні місяці року повсюдно по країні середня місячна температура підвищилась відносно 1961-1990 рр. [15]. У холодний (листопад-березень), теплий (квітень-жовтень) періоди року середній максимум температури зазвичай підвищився: в 1991-2014 щодо 1961-1990, 2001-2010 щодо 1991-2000, 2011-2014 щодо 2001-2010 рр. Винятком є його зниження в холодну пору: в 2011-2014 щодо 2001-2010 рр. (більшість країни, зокрема Лівобережжя, крім суміжних районів півночі, північного заходу, Закарпаття) й осередково в 1991-2014 щодо 1961-1990 рр. [20]. У країнах-сусідах зростає кількість НЯ, СГЯ, природних катастроф у 1991-2001 щодо 1960-х рр. [1]. У 1991-2014 рр. в Україні максимальна температура рівня СГЯ (35 °С) є у травні-вересні, зростає її повторюваність у 2001-2010 щодо 1991-2000 рр. у травні-серпні. За 1991-2016 рр. зростає повторюваність посух, зокрема на півдні, сході, південному сході, де найбільше таких температур [5, 13, 18-20].

Об'єкт дослідження – максимальна добова температура повітря за 1991-2016 рр. на мережі 186 МС України. Вихідні данні отримано з таблиць метеорологічних спостережень (ТМС-84) Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) імені Бориса Срезневського. Методами математичної статистики створено архів даних і вибірку 13 метеорологічних величин на 186 МС України за 1991-2013 рр.: середня, мінімальна, максимальна температура повітря ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мін}}, T_{\text{мах}}$, °С); середня, мінімальна, максимальна відносна вологість повітря ($F_{\text{сер}}, F_{\text{мін}}, F_{\text{мах}}$, %); тиск на рівні станції та моря (P_0, P_m , гПа); середня, максимальна (з 8 строків), абсолютна строкова швидкість вітру ($V_{\text{сер}}, V_{\text{мах}}, V_{\text{абс}}$, м/с); кількість опадів (R , мм); висота снігового покриву ($H_{\text{снігу}}$, см). Розраховано поріг екстремальних значень максимальної добової температури рівний їх 95-тій ($T_{\text{мах}_{95p}}$) процентилі. Екстремальними є значення максимальної температури рівні чи вищі їх 95-тої ($T_{\text{мах}_{95p}}$ і вище, °С) процентилі. Сформовано базу даних таких її значень з датами (дні, місяці, роки); її випадками більше ніж на 60 % території, зокрема тривалої екстремально теплої погоди декілька діб поспіль.

Вихідні передумови. У різних країнах використовують: 90-ту процентиль, як екстремальний показник, критерій теплих днів, сильної спеки за щоденною максимальною температурою; 95-ту процентиль у дослідженні гідрометеорологічної безпеки, НЯ, кліматовразливих районів; відношення суми модулів значень екстремумів температури до суми модулів середніх цих значень даного пункту, як індекс вразливості, показник суворості клімату [1-2, 4, 14, 17, 21]. В Україні критерієм добової температури для сильної спеки, СГЯ є $+35...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$; порогом екстремальних значень середнього максимуму є й різниця подвійного середнього квадратичного відхилення (2σ) від середнього максимуму ($\bar{T}_{\max}$): $(\bar{T}_{\max}+2\sigma)$ [13, 20]. Доцільним є продовжити визначати кореляційні зв'язки між метеорологічними величинами при екстремальних метеорологічних явищах [16] і значеннях температури.

З метою визначення кореляційного зв'язку між метеорологічними величинами при екстремальних значеннях максимальної температури відібрані метеорологічні величини в дати з такими температурами, зокрема більше ніж на 60 % території. Визначено кореляційний зв'язок (коефіцієнт кореляції, K), зокрема статистично значущий ($K \leq -0.6$, $K \geq 0.6$) між метеорологічними величинами в отримані дати. У розрахунку коефіцієнту кореляції враховано довжину ряду (n): $n \geq 30$. Ця умова унеможливила розрахунки влітку. Обраховано частоту випадків зі статистично значущим кореляційним зв'язком між метеорологічними величинами в отримані екстремально теплі дні й отримано їх розподіл за областями у сезони року. У статті використовується поняття щільності кореляції, як кількості випадків статистично значущого кореляційного зв'язку між обраними метеорологічними величинами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Встановлено дати, місяці, роки екстремальних значень максимальної температури більше ніж на 60 % території за 1991-2016 рр. (137 випадків), зокрема випадки тривалої екстремально теплої погоди, що спостерігалась декілька діб поспіль. Відмічено роки тривалої екстремально теплої (2000, 2005, 2009 рр.) погоди у 3-4-х місяцях (табл. 1).

Значна частота екстремальних значень максимальної добової температури більше ніж на 60 % території є в 1994-1995, 2000-2002, 2005, 2007-2009, 2012 рр. (частіше в 2001-2016 рр.), особливо в 2000, 2002 рр. й у березні-квітні, серпні, жовтні-грудні (переважно наприкінці перехідних сезонів), рис. 1, а-б.

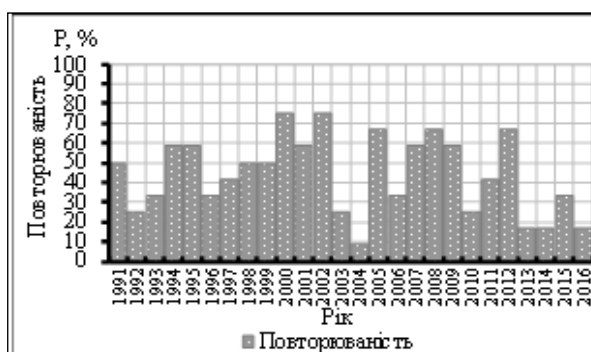
В екстремально теплі дні більше ніж на 60 % території взимку (рис. 2, а-б) в 1991-2013 рр. незначним є поширення випадків (враховуючі їх розподіл по областях за щільністю) статистично значущого при $K \leq -0.6$ кореляційного зв'язку між такими метеорологічними величинами, як: $T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}$ і $F_{\text{сер}}$ (з найбільшою щільністю) – деякі області заходу (Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська обл.), півдня (Дніпропетровська обл., АР Крим); з невеликою кількістю випадків і незначною поширеністю: $P_{\text{м}}$ і $V_{\text{сер}}, V_{\text{мах}}$ – крайній захід (Закарпаття), деякі області півдня (Херсонська обл., АР Крим), $T_{\text{сер}}, T_{\text{мін}}$ і $P_{\text{м}}$ – Закарпаття, $P_{\text{м}}$ і $F_{\text{сер}}$ – деякі області сходу (Донецька, Запорізька обл.), заходу (Закарпаття, Львівська обл.), $F_{\text{сер}}$ і $V_{\text{сер}}, V_{\text{мах}}$ – деякі області півночі (Чернігівська, Київська обл.), поодинокі області заходу (Вінницька обл.), центру (Черкаська обл.).

У такі екстремально теплі дні навесні (рис. 3, а-г) є випадки поширення статистично значущого кореляційного зв'язку при $K \leq -0.6$ між такими метеорологічними величинами: $T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}$ і $F_{\text{сер}}, F_{\text{мах}}$ – повсюдно, $P_{\text{м}}$ і $V_{\text{сер}}, V_{\text{мах}}$ – переважно Правобережжя (Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська, Чернігівська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Черкаська, Вінницька, Хмельницька, Тернопільська, Чернівецька, Львівська, Закарпатська, Одеська, Миколаївська обл.); ще з невеликою щільністю: $T_{\text{мін}}$ і $P_{\text{м}}$; $F_{\text{сер}}, F_{\text{мах}}$ і $V_{\text{сер}}, V_{\text{мах}}$ –

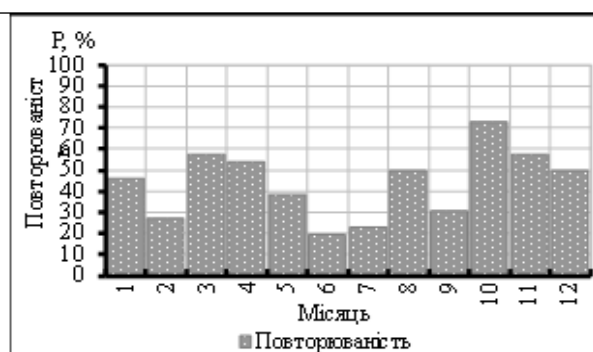
крайній південь (АР Крим), Тсер,Тмін і Vсер – схід (Донецька обл.), Рм і Fсер,Fmax – поодинокі області півночі (Чернігівська обл.), північного заходу (Житомирська обл.).

Таблиця 1. Дати екстремальних значень максимальної температури ($T_{\max_{95p}}$ і вище, °C) більше ніж на 60 % території України, січень-грудень 1991-2016 рр.

Рік	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1991	11.01.1991		25.03.1991			18.06.1991		09.08.1991	05.09.1991	01.10.1991		
1992			27.03.1992						01.09.1992	18.10.1992		
1993		05.02.1993	23.03.1993				21.07.1993 22.07.1993					
1994		28.02.1994	26.03.1994		19.05.1994					04.10.1994	01.11.1994 02.11.1994	13.12.1994
1995	27.01.1995		06.03.1995	21.04.1995						12.10.1995 13.10.1995		24.12.1995 25.12.1995
1996			31.03.1996						01.09.1996 02.09.1996		05.11.1996	
1997	24.01.1997		13.03.1997		16.05.1997					10.10.1997	09.11.1997	
1998			05.03.1998		31.05.1998			02.08.1998 03.08.1998			04.11.1998 05.11.1998	
1999					30.05.1999 31.05.1999			10.08.1999		03.10.1999	02.11.1999 03.11.1999	
2000	30.01.2000 31.01.2000			28.04.2000 30.04.2000	28.05.2000 29.05.2000			21.08.2000 22.08.2000		03.10.2000		
2001	09.01.2001			30.04.2001						03.10.2001 04.10.2001	01.11.2001 09.11.2001	30.12.2001
2002	29.01.2002					21.06.2002	10.07.2002	01.08.2002 02.08.2002	03.09.2002	18.10.2002		30.12.2002 31.12.2002
2003				29.04.2003 30.04.2003		06.06.2003						
2004											01.11.2004	
2005	11.01.2005		26.03.2005		30.05.2005 31.05.2005		30.07.2005 31.07.2005			01.10.2005 02.10.2005		
2006	01.01.2006		21.04.2006								16.11.2006	16.12.2006
2007			21.03.2007	27.04.2007 28.04.2007		16.06.2007		24.08.2007	06.09.2007	01.10.2007		
2008	22.01.2008	25.02.2008 27.02.2008		24.03.2008				15.08.2008 16.08.2008			02.11.2008	05.12.2008
2009			30.03.2009	28.04.2009 29.04.2009					10.09.2009 11.09.2009			01.12.2009 02.12.2009
2010				30.04.2010		12.06.2010						09.12.2010
2011		08.02.2011	31.03.2011		31.05.2011					07.10.2011		05.12.2011
2012	06.01.2012	25.02.2012	18.03.2012 19.03.2012	29.04.2012 30.04.2012				06.08.2012				01.12.2012
2013		28.02.2013									06.11.2013	
2014							31.07.2014			14.10.2014		
2015	31.01.2015							11.08.2015		04.10.2015 05.10.2015		
2016										01.10.2016	07.11.2016	



(а)



(б)

Рис. 1. Повторюваність дат з екстремальними значеннями максимальної температури ($T_{\max_{95p}}$ і вище) більше ніж на 60 % території України впродовж загальномісяців року (січень-грудень) щорічно за 1991-2016 рр.(а) та загальномісяців періоду 1991-2016 рр. щомісячно за січень-грудень(б)

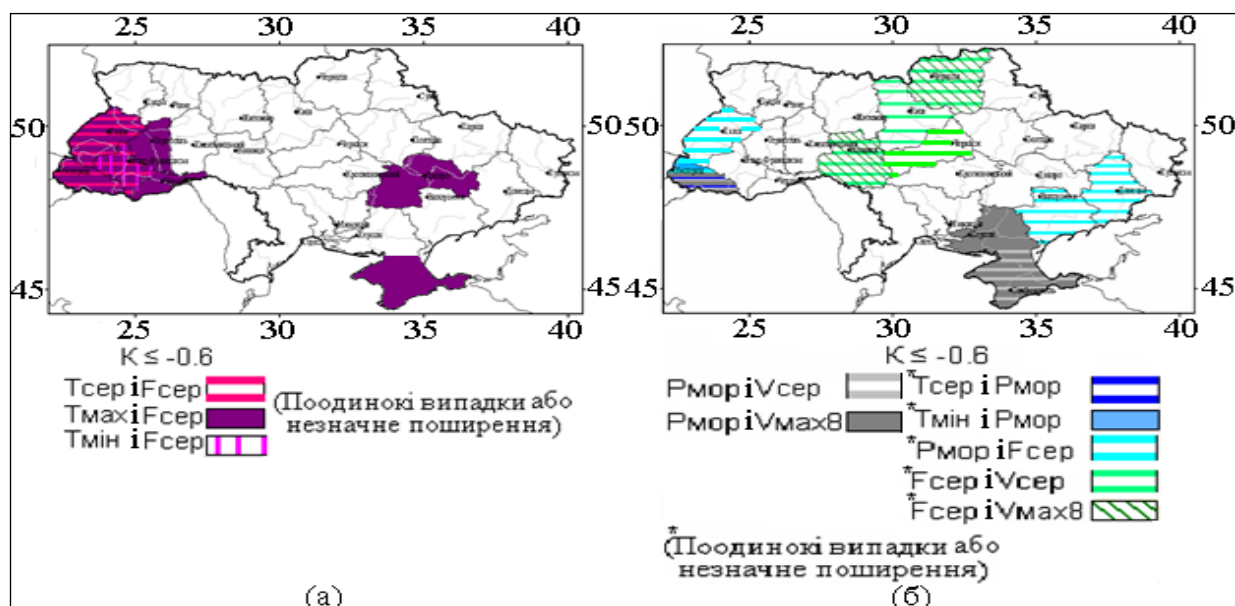


Рис. 2. Випадки статистично значущого кореляційного зв'язку ($K \leq -0.6$) між окремими метеорологічними величинами: T_{ser} , T_{max} , T_{min} і F_{ser} (а); R_m і V_{ser} , V_{max} ; T_{ser} , T_{min} і R_m ; R_m і F_{ser} ; F_{ser} і V_{ser} , V_{max} (б), – в екстремально теплі ($T_{max_{95p}}$ і вище) дні. Зима. 1991-2013 рр.

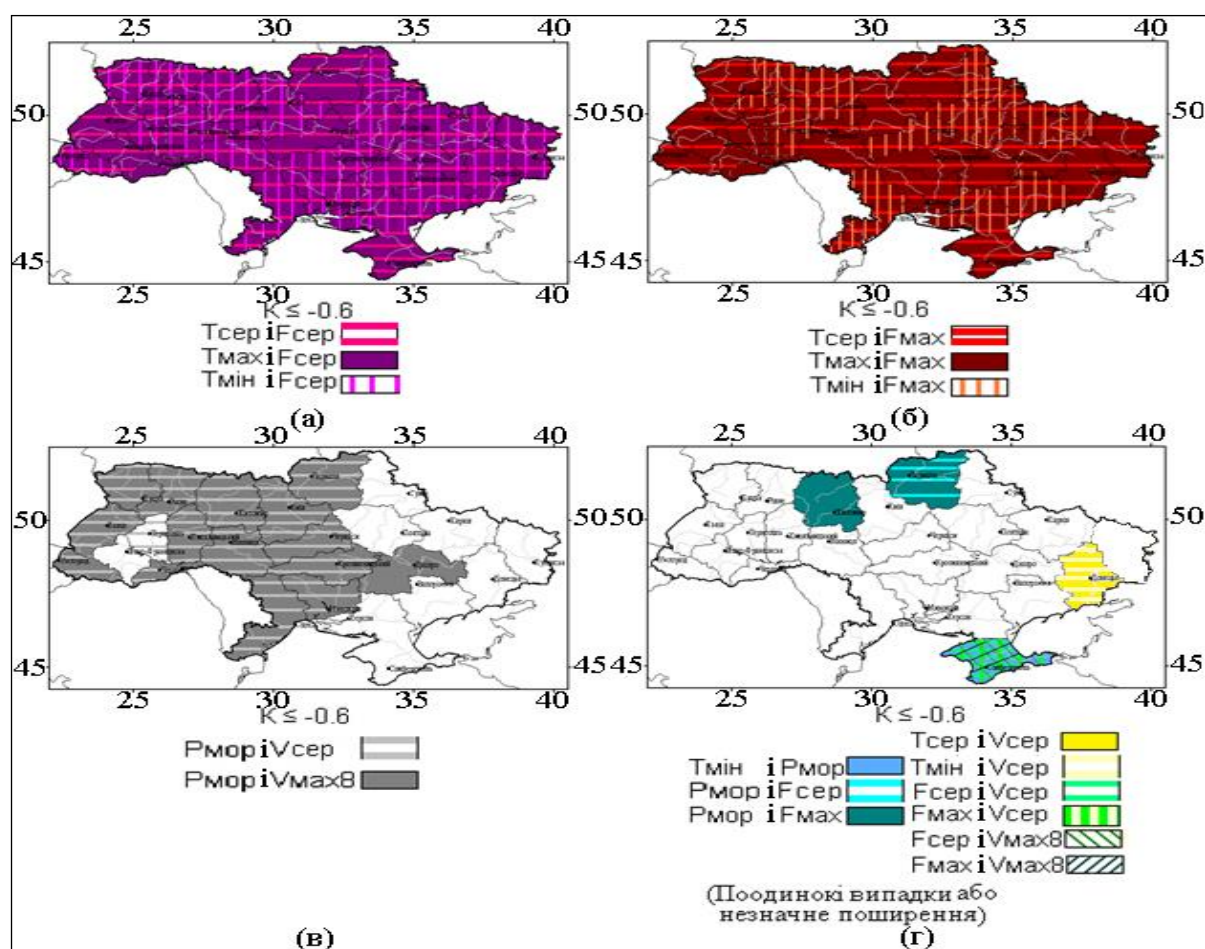


Рис. 3. Випадки статистично значущого кореляційного зв'язку ($K \leq -0.6$) між окремими метеорологічними величинами: T_{ser} , T_{max} , T_{min} і F_{ser} (а); T_{ser} , T_{max} , T_{min} і F_{max} (б); R_m і V_{ser} , V_{max} (в); T_{min} і R_m ; T_{ser} , T_{min} і V_{ser} ; R_m і F_{ser} , F_{max} ; F_{ser} , F_{max} і V_{ser} , V_{max} (г), – в екстремально теплі ($T_{max_{95p}}$ і вище) дні. Весна. 1991-2013 рр.

У виявленні екстремально теплі дні восени є випадки поширення статистично значущого кореляційного зв'язку при $K \leq -0.6$ між такими метеорологічними величинами (рис. 4, а-г): $T_{сер}, T_{мах}, T_{мін}$ і $F_{сер}, F_{мах}$ – повсюдно, P_m і $V_{сер}, V_{мах}$ – більша територія, крім деяких областей північного заходу (Волинська, Рівненська обл.), заходу (Тернопільська обл.), півдня (АР Крим); із меншою щільністю: $T_{сер}, T_{мах}, T_{мін}$ і P_m – області півдня (Одеська, Миколаївська, Херсонська обл., АР Крим), P_m і $F_{сер}, F_{мах}$ – деякі області півночі (Чернігівська, Сумська обл.), північного заходу (Рівненська обл.), заходу (Хмельницька, Львівська, Закарпатська обл.), сходу (Луганська, Харківська обл.); ще з невеликою щільністю $T_{мін}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ – деякі області заходу (Закарпатська, Івано-Франківська обл.), $F_{сер}, F_{мах}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ – деякі області заходу (Львівська, Івано-Франківська обл.), центру (Черкаська, Кіровоградська обл.), півдня (Дніпропетровська, Херсонська обл., АР Крим), південного сходу (Запорізька обл.), сходу (Донецька обл.).

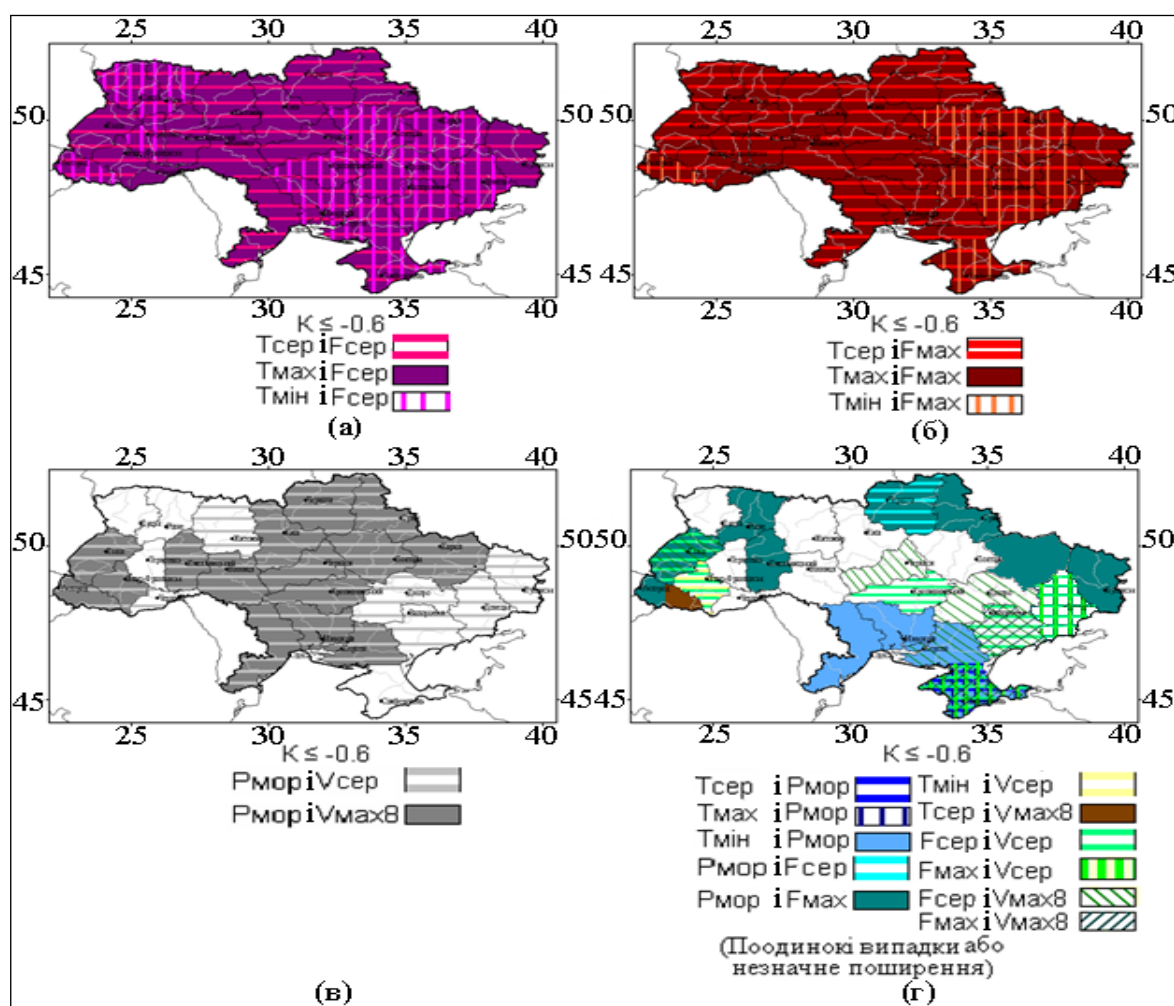


Рис. 4. Випадки статистично значущого кореляційного зв'язку ($K \leq -0.6$) між окремими метеорологічними величинами: $T_{сер}, T_{мах}, T_{мін}$ і $F_{сер}$ (а); $T_{сер}, T_{мах}, T_{мін}$ і $F_{мах}$ (б); P_m і $V_{сер}, V_{мах}$ (в); $T_{сер}, T_{мах}, T_{мін}$ і P_m ; $T_{мін}$ і $V_{сер}, V_{мах}$; P_m і $F_{сер}, F_{мах}$; $F_{сер}, F_{мах}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ (г), – в екстремально теплі ($T_{мах_{95p}}$ і вище) дні. Осінь. 1991-2013 рр.

У такі дні незначним є поширення випадків статистично значущого кореляційного зв'язку при $K \geq 0.6$ між такими метеорологічними величинами, крім подібних, як (рис. 5, а-в): взимку – $T_{мін}$ і $F_{сер}$ (поодинокі випадки на крайньому

півдні – АР Крим), $T_{сер}, T_{мін}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ (дещо щільніше у деяких областях заходу – Львівська, Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька обл.); навесні – $F_{сер}, F_{мах}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ (поодинокі випадки на заході – Івано-Франківська обл., півдні – Одеська обл.); восени – $T_{сер}, T_{мах}, T_{мін}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ (поодинокі випадки у деяких областях півдня – Одеська, Херсонська, АР Крим, південного сходу – Запорізька обл., сходу – Донецька обл.), $F_{мах}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ (менш щільно у поодинокій області заходу – Закарпатська обл.).

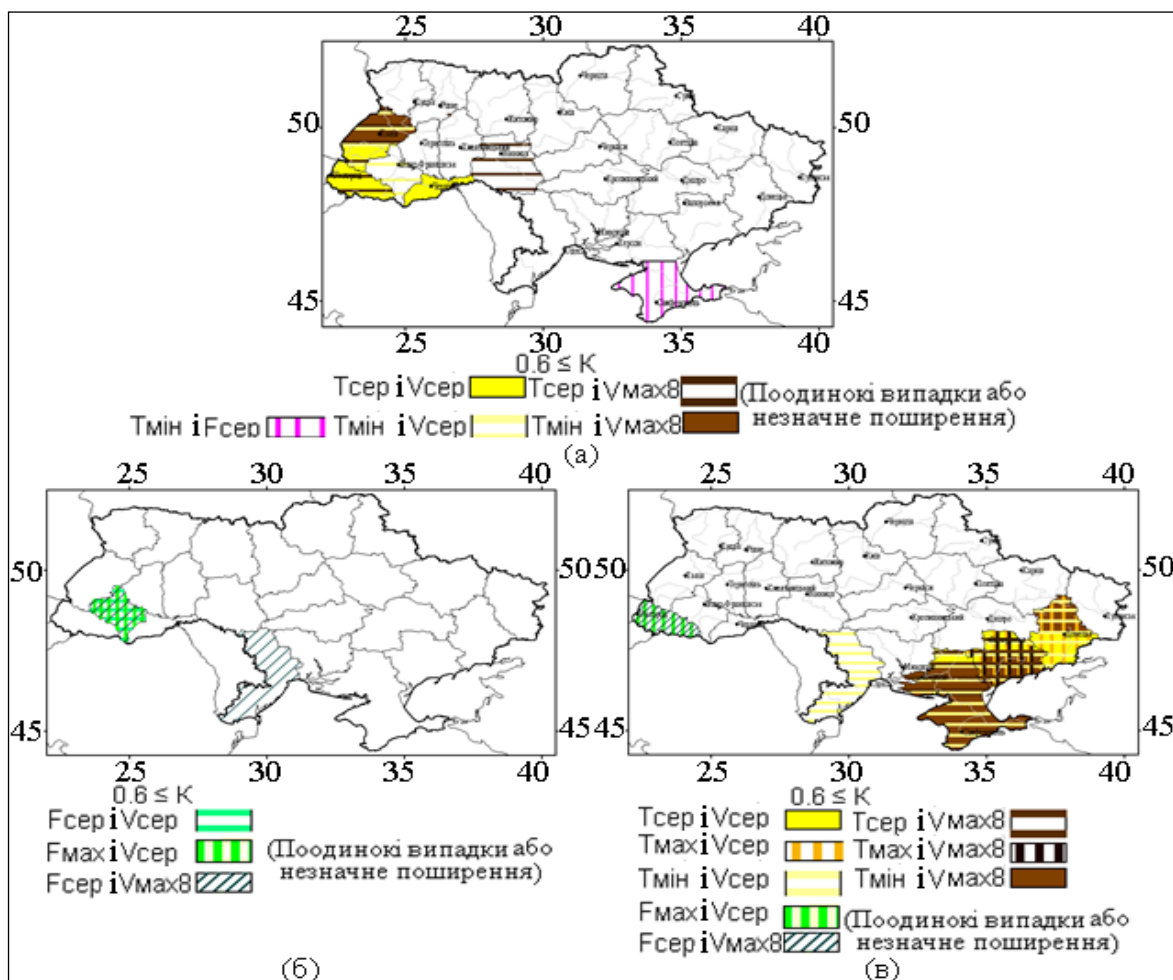


Рис. 5. Випадки статистично значущого кореляційного зв'язку ($K \geq 0.6$) між окремими метеорологічними величинами: $T_{мін}$ і $F_{сер}$; $T_{сер}, T_{мін}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ – зима (а); $F_{сер}, F_{мах}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ – весна (б); $T_{сер}, T_{мах}, T_{мін}$ і $V_{сер}, V_{мах}$; $F_{мах}$ і $V_{сер}, V_{мах}$ – осінь (в), – в екстремально теплі ($T_{мах_{95p}}$ і вище) дні. 1991-2013 рр.

В екстремально теплі дні більше ніж на 60 % території за 1991-2013 рр. встановлено області із щільністю випадків статистично значущою кореляційною залежністю ($K \leq -0.6$) між такими метеорологічними величинами (без диференціації подібних), як (рис. 6, а-в):

– взимку – T і F (захід, окремі області півдня, найщільніше – Івано-Франківська обл.); P і V (окремі області півдня, заходу, найщільніше – АР Крим); T і P (окремі області заходу – невелика щільність); P і F (окремі області заходу, сходу, південного сходу – невелика щільність); F і V (окремі області півночі, центру, заходу – невелика щільність);

– навесні – T і F (повсюдно з великою, крім Івано-Франківської, Чернівецької обл., щільністю); P і V (більшість території Правобережжя, області центру,

найщільніше – Київська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Одеська обл.); Т і Р, F і V (АР Крим – невелика щільність); Т і V (Донецька обл. – невелика щільність); Р і F (Чернігівська, Житомирська обл. – невелика щільність);

– восени – Т і F (повсюдно з великою, крім Чернігівської обл., щільністю); Р і V (майже повсюдно, крім Волинської, Рівненської, Тернопільської обл., АР Крим, найщільніше – Сумська, Київська, Черкаська, Кіровоградська, Харківська, Одеська обл.); Т і Р (південь, найщільніше – АР Крим); Т і V (Закарпатська, Івано-Франківська обл. – невелика щільність); Р і F (окремі області північного заходу, заходу, півночі, північного сходу, сходу – невелика щільність); F і V (окремі області заходу, центру, сходу, півдня, найщільніше – Запорізька обл., АР Крим).

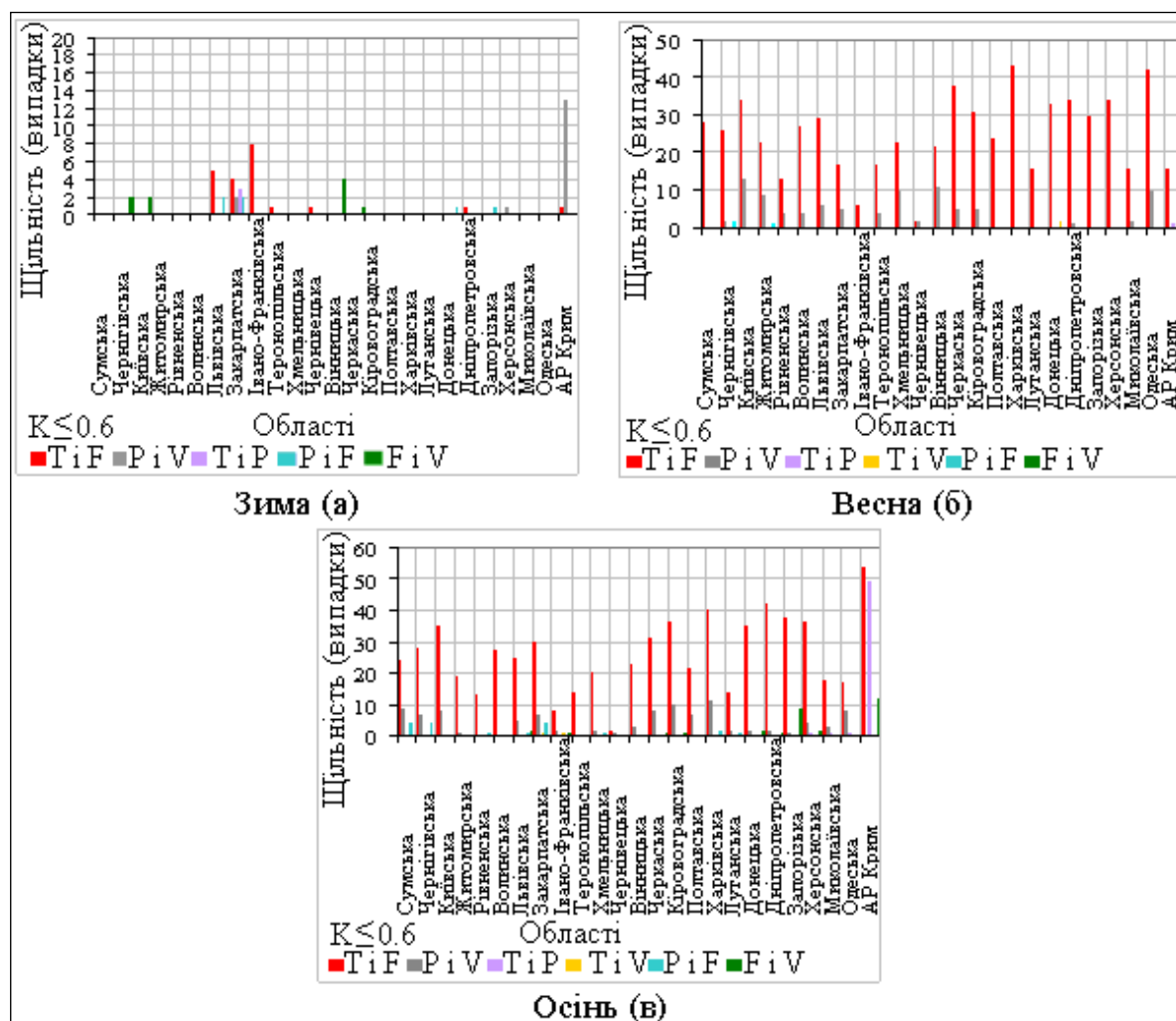


Рис. 6. Щільність (випадки) статистично значущого кореляційного зв'язку ($K \leq 0.6$) між метеорологічними величинами в екстремально теплі (T_{max95p} і вище) дні. Зима(а), весна(б), літо(в). 1991-2013рр. Области України

У такі дні виділено області з невеликою щільністю статистично значущого кореляційного зв'язку ($K \geq 0.6$) між такими метеорологічними величинами (без диференціації подібних), як (рис. 7, а-в): взимку – Т і F (АР Крим), Т і V (окремі області заходу); навесні, восени – F і V (окремі області заходу, ще поодинокі області півдня навесні), ще восени Т і V (окремі області сходу, південного сходу, півдня).

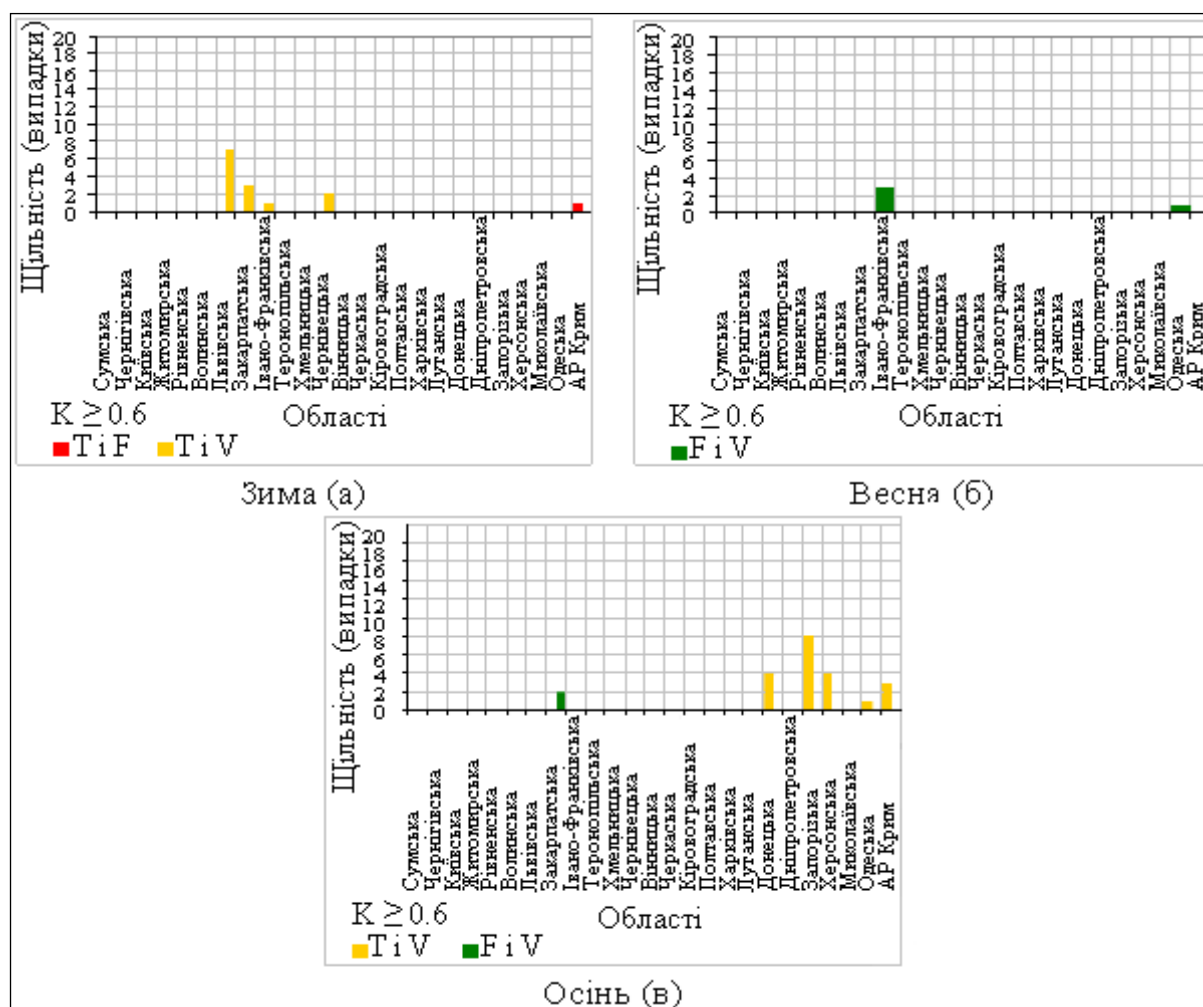


Рис. 7. Щільність (випадки) статистично значущого кореляційного зв'язку ($K \geq 0.6$) між метеорологічними величинами в екстремально теплі ($T_{\max 95p}$ і вище) дні. Зима(а), весна(б), літо(в).1991-2013рр. Области України

Висновки. В результаті дослідження встановлено 137 випадків дат екстремальних значень максимальної добової температури повітря на більше ніж на 60 % території України за 1991-2016 рр.

У ці екстремально теплі дні за 1991-2013 рр. є метеорологічні величини зі статистично значущою кореляційною залежністю при $K \leq -0.6$: T і F (зі значною щільністю осередково в областях півдня, деяких заходу) – взимку; T і F (з найбільшою щільністю повсюдно чи майже повсюдно), P і V (значна кількість областей, зазвичай Правобережжя, але з меншою щільністю) – перехідні сезони, ще восени між – T і P (на півдні, зазвичай з меншою щільністю), P і F (деякі області півночі, північного заходу, заходу, сходу з меншою щільністю). В усі сезони залежність між іншими метеорологічними величинами має осередкове поширення, зазвичай з невеликою щільністю. В такі дні є осередкове розповсюдження з невеликою щільністю цих зв'язків при $K \geq 0.6$ між виявленими метеорологічними величинами, крім подібних: F і V – перехідні сезони, T і F – взимку, та ще T і V – окремі області заходу взимку, деякі півдня, південного сходу, сходу восени з незначною щільністю.

Визначення кореляційних зв'язків між метеорологічними величинами в екстремально теплі дні перспективне при побудові прогнозу кліматичних змін екстремальних метеорологічних величин.

Список літератури

1. Бедрицкий А.И. Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие России. Право и безопасность, 2007. № 1-2 (22-23). URL: http://dpr.ru/pravo/pravo_20_2.htm.
2. Загребина Т.А. Статистический анализ матриц сопряженности опасных явлений погоды по территории Удмуртии. Вестник Удмуртского ун-та, 2010. Вып. 3. С. 3-11. URL: <http://ru.vestnik.udsu.ru/archive/show/6-2010-3-1> (дата звернення: 21.05.2018).
3. Клапцов В.М. Меры по адаптации к изменениям климата. Российский институт стратегических исследований. 13.12.2011. URL: <https://riss.ru/>.
4. Климат Санкт-Петербурга и его изменения. / Под ред. В.П. Мелешко, А.В.Мещерской, Е.И. Хлебниковой. Санкт-Петербург. Изд-во ГГО, 2010. 254 с.
5. Клок С.В. Савчук С.В. Дневные и ночные температуры воздуха в Украине в последние десятилетия. III Міжнародна науково-практична конференція "Сучасні проблеми природничих наук: теорія, практика, освітні новації (до 85-річчя природничо-географічного факультету)". 18-19 жовтня 2018 р. Ніжин (Україна): Матеріали доповідей / За ред. Г.Г. Сенченко. Ніжин: НДУ ім. Миколи Гоголя, 2018. С. 190-193.
6. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. Минск: Изд-во Тетра-Системс, 2008. 496 с.
7. Малинин В.М., Гордеева С.М. О современных изменениях глобальной температуры воздуха. Общество. Среда. Развитие, 2011. № 2. С. 215-221.
8. Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и её влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине. Геофизический журнал, 2006. Т. 28, № 1. С. 51-60.
9. Мартазинова В.Ф., Остапчук В.В. Особенности тропосферных и стратосферных атмосферных процессов при резких потеплениях и похолоданиях на территории Украины в тёплый период года. Наук. праці УкрНДГМІ, 2001. Вип. 249. С. 63-75.
10. Мартазинова В.Ф., Савчук С.В., Витвицкая И.В. Состояние средней суточной температуры воздуха и суточного количества осадков зимнего сезона в XX столетии по Киеву. Наук. праці УкрНДГМІ, 2007. Вип. 256. С. 7-18.
11. Мартазинова В.Ф. Савчук С.В., Остапчук В.В. Повторюваність середньої добової температури повітря в останні десятиріччя на прикладі ОГМС Київ. Наук. праці УкрГМІ, 2016. Вип. 269. С. 3-10.
12. Мартазинова В.Ф., Свердлик Т.А. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменения и современное состояние. Труды. УкрНИГМИ, 1998. Вып. 246. С. 21-27.
13. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні і стихійні явища погоди / За ред. Сосновської Р.П., Кульбиди М.І., Гумоненко Л.В. Київ: Вид-во Держгідромет, 2003. 36 с. URL: http://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/Nastnova%20po%20sluzhbi%20prognoziv.pdf (дата звернення: 21.05.2018).
14. Оганесян В.В. Методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов. Труды Гидрометцентра России, 2017. Вып. 366. С. 158-165. URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr366/tr366.pdf>.
15. Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. Український географічний журнал, 2013. № 4. С. 32-39.
16. Пясецька С.І., Гребенюк Н.П., Савчук С.В. Визначення кореляційного зв'язку між окремими метеорологічними параметрами при екстремальних метеорологічних явищах (відкладення ожеледі) по сезонах року. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. Т. 2. № 53. С. 74-87.
17. РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных условий. / Под ред. Тренин В.А., Мартыщенко В.А., Стасенко В.Н. и др. Москва.: 2008. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ), 2008. 30 с. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293746/4293746543.htm> (дата звернення: 18.12.2018).
18. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Сонячна радіація та температура повітря у періоди інтенсивної посухи 2011-2015 рр. Географічна наука та освіта: від констатації до конструктивізму: Зб.наук. праць. К., 2018. С. 102-104. URL: <https://igu.org.ua/sites/default/files/pdf-text/conf-igu-2018-const.pdf>.
19. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Солнечная радиация и максимальная температура воздуха в Украине. Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды. Материалы Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1, Брест, 25-27 сентября 2017 г. Институт природопользования НАН Беларуси, БрГУ им. А.С.Пушкина, БрГТУ. Брест: БрГУ им. А.С.Пушкина, 2017. С.280-285.
20. Савчук С.В. ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 1 (56)

Тимофеев В.Є., Ювченко Н.М. Районування України по впливу екстремальних значень максимальної температури повітря у теплий та холодний періоди року. Український гідрометеорологічний журнал, 2018. № 22. С. 46-56. URL: http://eprints.library.odku.edu.ua/3278/1/uhmj_22_2018_46.pdf. **21.** URL: <http://etccdi.pacificclimate.org/> (дата звернення: 18.12.2018).

References

- 1.** *Bedrickij A.I., Korshunov A.A., Handozhko L.A., Shajmardanov M.Z.* Gidrometeorologicheskaja bezopasnost' i ustojchivoe razvitie Rossii. Pravo i bezopasnost', 2007. № 1-2 (22-23). URL: http://dpr.ru/pravo/pravo_20_2.htm. **2.** *Zagrebina T.A.* Statisticheskij analiz matric soprijazhennosti opasnyh javlenij pogody po territorii Udmurtii. Vestnik Udmurtskogo un-ta, 2010. Vyp. 3. S. 3-11. URL: <http://ru.vestnik.udsu.ru/archive/show/6-2010-3-1> (data zvernennia: 21.05.2018). **3.** *Klapcov V.M.* Mery po adaptacii k izmenenijam klimata. Rossijskij institut strategicheskikh issledovanij. 13.12.2011. URL: <https://riss.ru/>. **4.** *Klimat Sant-Peterburga i ego izmenenija.* / Pod red. V.P. Meleshko, A.V. Meshherskoj, E.I. Hlebnikovej. Sankt-Peterburg. Izd-vo GGO, 2010. 254 s. **5.** *Klok S.V., Savchuk S.V.* Dnevnye i nochnye temperatury vozduha v Ukraine v poslednie desjatiletija. III Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia "Suchasni problemy pryrodnychukh nauk: teoriia, praktyka, osviti novatsii (do 85-richchia pryrodnycho-heohrafichnogo fakultetu)". 18-19 zhovtnia 2018 r. Nizhyn (Ukraina): Materialy dopovidej / Za red. H.H. Senchenko. Nizhyn: NDU im. Mykoly Hoholia, 2018. S. 190-193. **6.** *Loginov V.F.* Global'nye i regional'nye izmenenija klimata: prichiny i sledstviya. Minsk: Izd-vo Tetra-Sistems, 2008. 496 s. **7.** *Malinin V.M., Gordeeva S.M.* O sovremennyh izmenenijah global'noj temperatury vozduha. Obshhestvo. Sreda. Razvitie, 2011. № 2. S. 215-221. **8.** *Martazinova V.F., Ivanova E.K., Chajka D.Ju.* Izmenenija krupnomasshtabnoj atmosfernoj cirkuljacii vozduha na protjazhenii HH veka i ejo vlijanie na pogodnye uslovija i regional'nuju cirkuljaciju vozduha v Ukraine. Geofizicheskij zhurnal, 2006. T. 28, № 1. S.51-60. **9.** *Martazinova V.F., Ostapchuk V.V.* Osobennosti troposfernyh i stratosfernyh atmosferyh processov pri rezkih poteplenijah i poholodanijah na territorii Ukrainy v tjoplyj period goda. Nauk. pratsi UkrNDHMI, 2001. Vyp. 249. S. 63-75. **10.** *Martazinova V.F., Savchuk S.V., Vitvickaja I.V.* Sostojanie srednej sutochnoj temperatury vozduha i sutochnogo kolichestva osadkov zimnego sezona v HH stoletii po Kievu. Nauk. pratsi UkrNDHMI, 2007. Vyp. 256. S. 7-18. **11.** *Martazinova V.F., Savchuk S.V., Ostapchuk V.V.* Povtorivaniist' seredn'oi dobovoi temperatury povitria v ostanni desjatyrichchia na prykladi OHMS Kyiv. Nauk. pratsi UkrHMI, 2016. Vyp. 269. S. 3-10. **12.** *Martazinova V.F., Sverdlik T.A.* Krupnomasshtabnaja atmosferijaja cirkuljacija HH stoletija, ee izmenenija i sovremennoe sostojanie. Trudy. UkrNIGMI, 1998. Vyp. 246. S.21-27. **13.** *Nastanova po sluzhbi prohnosiv ta poperedzhen' pro nebezpechni i stykhijni iavyscha pohody* / Za red. Sosnovs'koi R.P., Kul'bidy M.I., Humonenko L.V. Kyiv: Vyd-vo Derzhhidromet, 2003. 36 s. URL: http://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/Nastanova%20po%20sluzhbi%20prognosiv.pdf (data zvernennia: 21.05.2018). **14.** *Oganesjan V.V.* Metodika rascheta klimaticheskoi ujazvimosti territorii na osnove bezrazmeryh klimaticheskikh indeksov. Trudy Gidrometcentra Rossii, 2017. Vyp. 366. S. 158-165. URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr366/tr366.pdf>. **15.** *Osadchij V.I., Babichenko V.M.* Temperatura povitria na terytorii Ukrainy v suchasnykh umovakh klimatu. Ukrains'kyj heohrafichnyj zhurnal, 2013. № 4. S. 32-39. **16.** *Piasets'ka S.I., Hrebeniuk N.P., Savchuk S.V.* Vyznachennia koreliatsijnogo zv'iazku mizh okremymy meteorolohichnymy parametramy pry ekstremal'nykh meteorolohichnykh iavyschakh (vidkladennia ozheledi) po sezonakh roku. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia, 2019. T.2. № 53. S. 74-87. **17.** RD 52.88.699-2008. Polozhenie o porjadke dejstvuj uchrezhdenij i organizacij pri ugroze vznikenovenija i vznikenovenii opasnyh prirodnyh uslovij. / Pod red. Trenin V.A., Martyshhenko V.A., Stasenkov V.N. i dr. Moskva.: 2008. Ministerstvo prirodnyh resursov i jekologii Rossijskoj Federacii. Federal'naja sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhajushhej sredy (ROSGIDROMET), 2008. 30 s. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293746/4293746543.htm> (data zvernennia: 18.12.2018). **18.** *Rybchenko L.S., Savchuk S.V.* Soniachna radiatsiia ta temperatura povitria u periody intensyvnoi posukhy 2011-2015 rr. Heohrafichna nauka ta osvita: vid konstatatsii do konstruktyvizmu: Zb.nauk. prats'. K., 2018. S. 102-104. URL: <https://igu.org.ua/sites/default/files/pdf-text/conf-igu-2018-const.pdf>. **19.** *Rybchenko L.S., Savchuk S.V.* Solnechnaja radiacija i maksimal'naja temperatura vozduha v Ukraine. Aktual'nye problemy nauk o Zemle: ispol'zovanie prirodnyh resursov i sohranenie okruzhajushhej sredy. Materialy Mezhdunar. nauch.-praktich.

konf. Ch. 1, Brest, 25-27 sentjabrja 2017 g. Institut prirodopol'zovanija NAN Belarusi, BrGU im. A.S. Pushkina, BrGTU. Brest: BrGU im. A.S. Pushkina, 2017. S. 280-285. **20.** Savchuk S.V., Tymofieiev V.Ye., Yuvchenko N.M. Rajonuvannia Ukrainy po vplyvu ekstremal'nykh znachen' maksimal'noi temperatury povitria u teplyj ta kholodnyj periody roku. Ukrains'kyj hidrometeorologichnyj zhurnal, 2018. № 22. S. 46-56. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/3278/1/uhmj_22_2018_46.pdf. **21.** URL: <http://etccdi.pacificclimate.org/> (data zvernennia: 18.12.2018).

Кореляційний зв'язок між метеорологічними величинами при екстремальних значеннях максимальної температури повітря

Савчук С.В., Тимофеев В.Е., Щеглов О.А., Артеменко В.А., Козленко І.Л.

Об'єктом дослідження є максимальна добова температура повітря впродовж місяців року на мережі 186 метеорологічних станцій України за 1991-2016 рр. Екстремальними прийнято значення максимальної добової температури, що дорівнювали чи перевищували їх 95-ту ($T_{\max_{95p}}$ і вище, °C) процентилю. У статті встановлено дати (137 випадків) екстремальних значень максимальної температури більше ніж на 60 % території. У ці дати відібрано 13 метеорологічних величин: середня, мінімальна, та максимальна температури повітря; середня, мінімальна та максимальна відносна вологість повітря; тиск на рівні станції та моря; середня, максимальна (з 8 строків і строкова) швидкість вітру; кількість опадів; висота снігового покриву. Метою роботи є визначення кореляційного зв'язку (K), зокрема, статистично значущого ($K \leq -0.6$, $K \geq 0.6$), у ці дати між обраними метеорологічними величинами на 186 метеорологічних станціях України за 1991-2013 рр. Отримано розподіл за областями щільності випадків статистично значущої залежності між метеорологічними величинами в екстремально теплі дні в окремі сезони року. Дослідження максимальної добової температури є актуальним, бо при неодноразовому досягненні нею рівня стихійних гідрометеорологічних явищ та різкому її підвищенні чи зниженні її супроводжують небезпечні явища, що негативно впливають на погодозалежні галузі економіки.

Ключові слова: екстремальні значення максимальної температури повітря; метеорологічні величини; коефіцієнт кореляції; щільність.

Корреляционная связь между метеорологическими величинами при экстремальных значениях максимальной температуры воздуха

Савчук С.В., Тимофеев В.Е., Щеглов О.А., Артёменко В.А., Козленко И.Л.

Объектом исследования является максимальная суточная температура воздуха в течение месяцев года на сети 186 метеорологических станций Украины за 1991-2016 гг. Экстремальными принято значения максимальной суточной температуры равные или превышающие их 95-ю ($T_{\max_{95p}}$ и выше, °C) процентилю. В статье установлены даты (137 случаев) экстремальных значений максимальной температуры более чем на 60 % территории. В эти даты отобраны 13 метеорологических величин: средняя, минимальная и максимальная температуры воздуха; средняя, минимальная и максимальная относительная влажность воздуха; давление на уровне станции и моря; средняя, максимальная (с 8 сроков и срочная) скорость ветра; количество осадков; высота снежного покрова. Целью работы есть определение корреляционной связи (K), в частности, статистически значимого ($K \leq -0.6$, $K \geq 0.6$), в эти даты между выбранными метеорологическими величинами на 186 метеорологических станциях Украины за 1991-2013 гг. Получено распределение по областям плотности случаев статистически значимой зависимости между метеорологическими величинами в экстремально теплые дни в отдельные сезоны года. Исследование максимальной суточной температуры является актуальным, так как при неоднократном достижении ею уровня стихийных гидрометеорологических явлений и резком её повышении или снижении её сопровождают опасные явления, которые негативно влияют на погодозависимые отрасли экономики.

Ключевые слова: экстремальные значения максимальной температуры воздуха; метеорологические величины; коэффициент корреляции; плотность.

Correlation communication between meteorological parameters at extreme values of maximum air temperatures

Savchuk S.V., Timofeev V.E., Shcheglov O.A., Artemenko V.A., Kozlenko I.L.

The object of the study is the maximum daily air temperature during the months of the year over 1991-2016 by the data of 186 meteorological stations of Ukraine. Extreme values of the maximum daily temperature equal to or exceeded their 95th ($T_{\max_{95p}}$ and above, °C) percentile were taken as extreme. The article sets the dates (137 cases) of extreme values of maximum air temperature on more than 60 % of the territory. For these dates, 13 meteorological parameters were selected: average, minimum, and

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 1 (56)

maximum air temperatures; average, minimum and maximum relative humidity; station and sea-level pressure; average, maximum (from 8 synoptic hours) wind speed; rainfall; height of snow cover. The purpose of this work is to determine the correlation coefficient (K), in particular, statistically significant ($K \leq -0.6$, $K \geq 0.6$), on these dates between selected meteorological parameters at 186 meteorological stations of Ukraine for 1991-2013. The density of the cases of statistically significant dependence between the meteorological parameters in extremely warm days in separate seasons is determined. In extremely warm days, meteorological parameters and areas with statistically significant correlations at $K \leq -0.6$ were detected: T and F (focally in southern and some western regions with significant density) – in winter; T and F (with the highest density ubiquitous or almost ubiquitous), P and V (in a large number of regions, usually west or right-bank, but with less frequency) – in the transition seasons, and in the autumn between – T and F (in the south with smaller density) and P and F (in some areas of the north, northwest, west, lower east). In all seasons, such a correlation between other meteorological parameters had a focal distribution, usually with a smaller density. In these days, a focal distribution with a small frequency of dependencies at $K \geq 0.6$ was found between the meteorological parameters detected (F and V in transition seasons, T and F in winter), except for similar ones. However, such dependence is observed between T and V in some regions in winter and autumn and in some areas of south, southeast, east with a smaller density. The study of the maximum daily temperature is relevant, because from the level of natural hydrometeorological phenomena it is accompanied by dangerous phenomena, negatively affecting the weather dependent industries.

Keywords: extreme values of maximum air temperature; meteorological parameters; correlation coefficient; density of correlation.

Надійшла до редколегії 10.01.2020

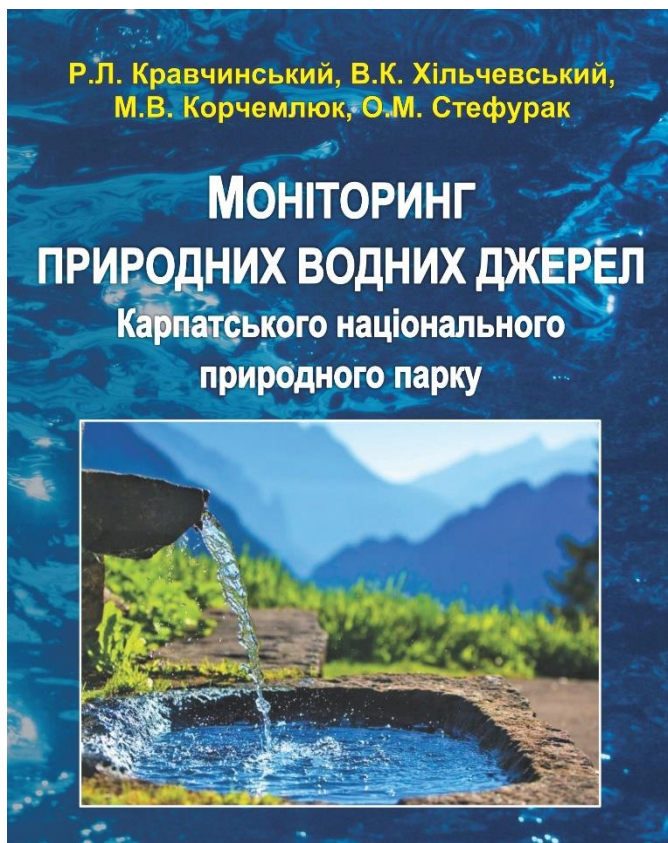
УДК 556.36:001.891.5 (292.452:477-75)

Забокрицька М.Р.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

**«МОНІТОРИНГ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ ДЖЕРЕЛ КАРПАТСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ» (2019) – ПЕРША
В УКРАЇНІ МОНОГРАФІЯ ПРО ДЖЕРЕЛА**

Кравчинський Р.Л., Хільчевський В.К., Корчемлюк М.В., Стефурак О.М. Моніторинг природних водних джерел Карпатського національного природного парку / За ред. В.К. Хільчевського. Івано-Франківськ. Фоліант. 2019. 124 с. ISBN 978-617-7496-79-2



В кінці 2019 р. у видавництві «Фоліант» (м. Івано-Франківськ) вийшла друком монографія «Моніторинг природних водних джерел Карпатського національного природного парку» [11]. Наукова праця присвячена 40-річчю Карпатського НПП (1980-2020 рр.). До авторського колективу увійшли співробітники Карпатського НПП (Р.Л. Кравчинський, М.В. Корчемлюк, О.М. Стефурак) та професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка В.К. Хільчевський. Треба відзначити, що це перше подібне монографічне дослідження водних джерел в Україні.

«Річки, що витікають із Землі», як колись називали водні джерела, привертати увагу вчених і філософів упродовж століть, надихали на перші уявлення про гідрологічний цикл [11]. Водне джерело це - природний вихід підземних вод на денну поверхню

або під водою (підводне джерело) [20]. У деяких країнах природні водні джерела є екосистемами підвищеної уваги, які є своєрідними «гідрогеологічними вікнами» водоносних горизонтів. Багато з них стають витокami великих річок. У деяких європейських країнах (Бельгії, Франції, Австрії, Німеччині та ін.) поблизу природних джерел навіть створюють природоохоронні зони.

Проте, як відзначають автори монографії, з боку водного менеджменту багатьох країн (не лише України) не приділяється належної уваги цим природним об'єктам, що можна побачити при ознайомленні зі звітами щодо стану національних водних ресурсів за останні два десятиліття у світі. В них на екосистемах водних джерел акцентується занадто мало уваги. За окремими публікаціями вітчизняних

науковців можна відзначити певний інтерес до джерел з водою питної якості, що розташовані у великих містах - Києві [2, 15], Львові [13] та Харкові [12].

Природні водні джерела, які разом із підземними водами є важливою складовою водного фонду України часто знаходяться поза увагою як окремі об'єкти моніторингу вод і не входять до числа складових спостережень інших систем.

Карпатський національний природний парк – перший і один з найбільших в Україні національних природних парків. Він був створений згідно постанови Ради Міністрів УРСР від 3 червня 1980 р. № 376. Розташований у південно-західній частині Івано-Франківської області на території Яремчанської міської ради та Верховинського району. Площа парку становить 504,95 км², а його територія простягається на 55 км з півночі на південь і на 20 км із заходу на схід [3].

У Карпатському НПП інвентаризація та облік водних джерел входить до плану щорічних природоохоронних заходів, що здійснюються на території парку. Тут є усі необхідні умови для всебічного вивчення природних виходів підземних вод на поверхню – наукова, матеріально-технічна та інформаційна база.

В цілому, моніторингові дослідження природних водних джерел виконувалися за схемою: експедиційні роботи, хіміко-аналітичні визначення в пробах води в стаціонарній лабораторії, камеральна обробка даних, узагальнення отриманих результатів.

В основу монографії покладено матеріали, отримані за період 2011-2019 рр., коли було проведено близько 40 експедицій з дослідження водних джерел, розташованих у трьох основних природних комплексах на території Карпатського НПП: Скибові Горгани, Ясинсько-Верховинська міжгірська улоговина, Чорногірський масив. В гідрографічному аспекті – це басейн р.Прут. Моніторинговими дослідженнями було охоплено 289 природних водних джерел [6-11, 17].

Список літератури в книзі нараховує 70 джерел, з яких 21 – латиницею. У даній оглядовій статті представлено частину з цих публікацій, в основному, пов'язаних з дослідженнями авторів монографії [6-11, 16-20, 22-25], деяких вітчизняних дослідників [2, 12, 13, 15], характеристикою природних умов та рослинності [3-5, 21], або ж нормативними вимогами [1] і методичними підходами [26].

Структура монографії. Матеріали досліджень авторами структуровано у вісім розділів монографії.

- *Перший розділ* присвячено характеристиці різних типів природних водних джерел, їхньому значенню у житті людини, основним методичним засадам і принципам вивчення.

Існує ціла низка підходів до типізації природних водних джерел за різними показниками: за характеристикою гірських порід, з якими пов'язані джерела; за гідравлічною ознакою (зв'язок з напірними і безнапірними водами) з урахуванням умов виходу джерел; за характером гірських порід у поєднанні з типами підземних вод; за режимом джерел; за величиною дебіту; за хімічним складом тощо. Роль і місце природних водних джерел у житті людини визначається низкою чинників - особливостями умов формування, походження, розташування, фізико-хімічних та динамічних властивостей води тощо. Самі джерела також можуть бути чинниками: забезпечення питних і господарсько-побутових потреб; туристично-рекреаційної діяльності; бальнеологічним; гідрологічним; гідрогеологічним; кліматичним індикатором; екологічним індикатором; індикатором геолого-тектонічних порушень; об'єктом охорони.

Структура системи моніторингу водних джерел загалом являє послідовну реалізацію наступних етапів: 1) збір наявної інформації; 2) польові обстеження I – III рівня – (виміри дебітів, відбір проб води, опис джерел та картографування).

- У *другому розділі* описано умови формування та закономірності поширення

природних водних джерел на території Карпатського національного природного парку.

- У *третьому розділі* висвітлено методику виконання загального опису природного водного джерела, його геоботанічної характеристики.

У багатьох країнах світу, зокрема США та Європі, вивчення рослинних асоціацій є невід'ємною складовою системи моніторингу природних водних джерел. На території Карпатського НПП вирізняються три основні види джерел – лісові, лугові та скельні. При проведенні детального вивчення джереловищ опис рослинності можна наводити за типами (деревна, чагарникова, трав'яниста, мохово-лишайникова) або/та за видовим складом. В монографії описано випадок, коли при проведенні обліку водних джерел восени 2018 р. поблизу урочища Згар (абс. висота – 823 м над р.м.) було досліджено джерело із сірководневим запахом. Воно характеризувалося найнижчою температурою води (9,0°C), мінералізацією води 214 мг/дм³ та дещо підвищеним радіаційний гамма-фоном на 2-4 одиниці (0,12 мкЗв/год), що свідчить про глибинне походження вод.

Досліджене тут приджерельне оселище було найбіднішим серед інших об'єктів району. Це пояснюється впливом сірководню, що розглядається у фізіології та біохімії тварин і рослин як токсикант. На окремих куртинах («острівках») поблизу даного джерела зустрічались лише кілька видів рослин: гіпнум кипарисоподібний, нечуйвітер волохатенький, міцеліс стінний, та глуха кропива біла [11].

Дуже бідний і одноманітний рослинний світ відзначається також поблизу природного виходу підземних вод зі скельних порід - тут переважають мохи і лишайники. Такі джерела є на горі Хом'як (абс. висота - 1530 м над р.м.), на Чорногірському масиві, наприклад, біля озера Марічейка (абс. висота - 1510 м над р.м.) [17] тощо.

- У *четвертому розділі* наведено методи визначення дебіту природних водних джерел. Оскільки у вітчизняній літературі, практично, не висвітлюються методи вимірювання дебіту різних типів джерел, то автори використовували при дослідженнях у Карпатському НПП зарубіжний досвід, зокрема Геологічної служби США (USGS) [26].

- *П'ятий* розділ присвячено дослідженню хімічного складу та якості джерельної води у польових і лабораторних умовах.

Авторами встановлено [11], що майже всі досліджені природні водні джерела на території Карпатського національного природного парку є прісними (мінералізація води – до 1000 мг/дм³), з незначними та досить мінливими під впливом гідрометеорологічних умов дебітами (від 0,12-0,3 дм³/хв до 2,4-4,8 дм³/хв), «холодними» – за температурним режимом води (4,6-19,5 °C). За мінералізацію води більшість природних джерел на території Карпатського НПП (близько 90 %) знаходиться у діапазоні «дуже прісні» та «нормально прісні» (30-500 мг/дм³).

Зустрічаються джерела й з дуже низьким вмістом солей – «найпрісніші» (10-30 мг/дм³), а подекуди й «надпрісні» з мінералізацією менше 10 мг/дм³. Такий низький рівень мінералізації джерельної води відповідає нормам регіонального природного фону вмісту солей в незабруднених атмосферних опадах, який в планетарному масштабі відслідковується Глобальною службою атмосфери ВМО (WMO/GAW) [24].

Деякі з досліджених природних джерел за мінералізацією води належать до «пріснуватих» (500-1000 мг/дм³), ще рідше – до «слабкосолонуватих» (1000-3000 мг/дм³).

Для водопостачання домогосподарств використовується лише незначна частка (менше 5 %) досліджених природних джерел (з мінералізацією води 60-550 мг/дм³). Для туристично-рекреаційних цілей використовується близько 20-30 %

досліджених природних водних джерел (з урахуванням водних джерел, які розташовані уздовж туристичних маршрутів).

Зустрічаються природні джерела зі специфічними показниками хімічного складу води (із запахом сірководню, підвищеним вмістом заліза, значенням рН, мінералізації води тощо), гідрологічного режиму (сезонні, тимчасові, пересихаючі) та ін.

Як відзначається в монографії, в цілому, природні водні джерела, що розташовані на території Карпатського НПП, мають відмінні характеристики з якості води [1]. Проте на ділянках без вилучення (території населених пунктів) подекуди у джерельній воді відзначався підвищений вміст органічних речовин [11].

- *Шостий розділ* присвячено питанню режимних спостережень на природних водних джерелах (з реальними прикладами досліджень режиму джерела у с. Микуличин Яремчанської міськради Івано-Франківської області).

- *У сьомому розділі* відображено методичні аспекти картографування результатів досліджень природних водних джерел (ілюструється напрацюваннями по території Карпатського національного природного парку).

- *У восьмому розділі* наведено основні положення техніки безпеки при проведенні польових досліджень у гірських умовах та у лабораторії.

Авторський колектив монографії:

Кравчинський Руслан Леонідович – кандидат географічних наук, провідний науковий співробітник вимірювальної лабораторії аналітичного контролю і моніторингу Карпатського національного природного парку;

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

Корчемлюк Марта Василівна – кандидат технічних наук, завідувач вимірювальної лабораторії аналітичного контролю і моніторингу Карпатського національного природного парку;

Стефурак Ольга Михайлівна – технік-лаборант I категорії вимірювальної лабораторії аналітичного контролю і моніторингу Карпатського національного природного парку.

Висновки. Подібне комплексне монографічне дослідження природних водних джерел на географічній, гідрогеологічній, гідрохімічній, екологічній основі в Україні виконано вперше.

Виходячи із значного досвіду проведення моніторингу природних водних джерел у гірських умовах, в монографії викладено певні методичні рекомендації з того чи іншого питання, які виникають в процесі роботи. Вони будуть корисними дослідникам, у яких виникне потреба виконувати експедиційні обстеження природних водних джерел.

Автори монографії, спираючись на міжнародний досвід, цілком слушно наголошують, що багатогранна структура екологічного та функціонального значення природних водних джерел у наш час може стати предметом міждисциплінарних досліджень, включаючи природничі, технічні, економічні, часто медичні, а інколи й гуманітарні науки.

Список літератури

1. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Наказ МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р.

2. Доленко С.О., Баламут В.І., Демченко В.Я., Бичковська О.М. Гідрогеохімічний аналіз вод природних підземних джерел на території м. Києва. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.

ISSN:2306-5680 **Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiia. 2020. № 1 (56)**

2014. Т. 4(35). С. 98-106.

3. Карпатський національний природний парк: монографія / О.І. Киселюк, М.М. Приходько, А.І. Яворський та ін. / За ред. М.М. Приходька, О.І. Киселюка, А.І. Яворського. Івано-Франківськ. Фоліант. 2009. 672 с.

4. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат: монографія / Я.П. Дідух, І.І. Чорней, В.В. Буджак та ін. / За ред. Я.П. Дідуха, І.І. Чорней. Чернівці. Друк Арт. 2016. 280 с.

5. Кобів Ю.Й. Приджерельні оселища кальцефільних видів рослин у Чорногорі (Українські Карпати) як рідкісні осередки біорізноманіття. Наукові записки Державного природознавчого музею. 2007. Вип. 23. С. 43-54.

6. Корчемлюк М.В., Кравчинський Р.Л. Основи моніторингу водних джерел на території Карпатського національного природного парку / Мат-ли 3-го міжнарод. наук. семінару: Природні ресурси регіону - проблеми використання, ревіталізації та охорони Львів. ВЦ ЛНУ ім. І. Франка. 2018. С. 194-199.

7. Корчемлюк М.В., Кравчинський Р.Л., Тимчук О.В. Геоботанічний аспект у вивченні водних джерел (на прикладі Карпатського національного природного парку) / Мат-ли 2-ї міжнарод. наук. конференції: Сьогодення біологічної науки. Суми. ФОП Цьома. 2018. С.135-137.

8. Корчемлюк М.В., Кравчинський Р.Л., Стефурак О.М. Роль карпатських природних джерел в житті і побуті гуцулів / Мат-ли наук.-практ. конференції: Гуцульщина – XXI сторіччя: проблеми та перспективи збереження гірської природи та етнічної культури в гуцульському регіоні Українських Карпат в умовах глобалізації. Яремче. 2018. С. 173-175.

9. Корчемлюк М.В., Савчук Б.Б., Стефурак О.І., Клименко А.О. Мікроелементи в природних джерелах Карпатського національного природного парку / Мат-ли наук.-практ. конференції з міжнародною участю: Бабенківські читання. Івано-Франківськ. 2013. С. 49.

10. Кравчинський Р.Л., Стефурак О.М. Теоретичні та практичні аспекти моніторингу водних джерел на території Карпатського НПП / Мат-ли міжнарод. наук.-практ. конференції, присвяченій 30-ти річчю НПП «Синевир»: Функціонування природоохоронних територій в сучасних умовах. Синевирська Поляна. 2019. С.12-17.

11. Кравчинський Р.Л., Хільчевський В.К., Корчемлюк М.В., Стефурак О.М. Моніторинг природних водних джерел Карпатського національного природного парку / За ред. В.К. Хільчевського. Івано-Франківськ. Фоліант. 2019. 124 с.

12. Некос А.Н., Максимов О.М., Шевчик К.В. Екологічна якість природних вод з міських джерел м. Харкова. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2019. Вип. 31. С. 96-103.

13. Оцінка санітарно-хімічних показників безпечності та якості води популярних джерел різних геоструктурних зон Львівщини / Р.П. Дідула, Є.І. Кондратюк, Ю.Б. Блавацький, В.Ю. Усов, О.В. Пилипович. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 4 (51). С. 87-101.

14. Слободян В.Я., Корчемлюк М.В., Кравчинський Р.Л., Савчук Б.Б. Моніторинг природних джерел на території Карпатського національного природного парку / Мат-ли наук.-практ. конференції: Гуцульщина – XXI сторіччя: проблеми та перспективи збереження гірської природи та етнічної культури в гуцульському регіоні Українських Карпат в умовах глобалізації. Яремче, 2018. С. 201-204.

15. Терлецька Г. Результати моніторингу природних джерел на території м. Києва. Світогляд. 2009. № 4. С. 60-65.

16. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення – гідроекологічні аспекти: підручник. Київ. ВПЦ «Київський університет». 1999. 319 с.

17. Хільчевський В.К., Корчемлюк М.В., Кравчинський Р.Л., Савчук Б.Б. Умови формування хімічного складу води гірського озера Марічейка (масив Чорногора, Українські Карпати). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. Т. 1(48). С. 6-15.

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

19. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України: підручник. Київ. ВПЦ «Київський університет». 2019. 343 с.

20. Хільчевський В.К., Ромась М.І. Джерело водне. ЕСУ. 2007. Т. 7. – URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=23979

21. Шестопалов В.М., Самчук А.І., Моїсєєв А.Ю., Попенко Е.С. Розподіл селену в природних водах Прикарпатського регіону. Геохімія та рудоутворення. 2011. Вип. 30. С. 76-83.

22. Khilchevskiy V.K., Grebin V.V., Sherstyuk N. P. Modern Hydrographic and Water management zoning of Ukraine's territory in 2016 - implementation of the WFD-2000/60/EC // Electronic book with full papers XXVIII Conference of the Danubian Countries. Kyiv. 2019. P. 209-223.

23. *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. – URL: <https://doi.org/10.15421/111832>.

24. *Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstuk N.P., Zabokrytska M.R.* The chemical composition of precipitation in Ukraine and its potential impact on the environment and water bodies. *Journal of geology, geography and geoecology*. 2019. 28(1). P. 79-86. – URL: <https://doi.org/10.15421/111909>.

25. *Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Sherstyuk N.P.* Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on territory of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. 27(2). P. 232-243. - URL: <https://doi.org/10.15421/111848>.

26. *Kjelstrom L.C.* Methods to Estimate Annual Mean Spring Discharge to the Snake River Between Milner Dam and King Hill, Idaho. U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 95-4055. Boise. Idaho. 1995.

Reference

1. *Hiihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu* [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. DSanPiN 2.2.4-171-10. Nakaz MOZ Ukrainy № 400 vid 12.05.2010 r.

2. *Dolenko S.O., Balamut V.I., Demchenko V.Ia., Bychkovska O.M.* Hidroheokhimichni analiz vod pryrodnykh pidzemnykh dzherel na terytorii m. Kyieva [Hydrogeochemical analysis of waters of natural underground sources in the territory of Kyiv]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2014. T. 4(35). S. 98-106.

3. *Karpatskyi natsionalnyi pryrodnyi park: monohrafiia* [Carpathian National Nature Park: monograph] / *O.I. Kyseliuk, M.M. Prykhodko, A.I. Yavorskyi ta in.* / Za red. *M.M. Prykhodka, O.I. Kyseliuka, A.I. Yavorskoho*. Ivano-Frankivsk. Foliant. 2009. 672 s.

4. *Klimatohenni zminy roslynnoho svitu Ukrainskykh Karpat: monohrafiia* [Climatogenic changes of the flora of the Ukrainian Carpathians: monograph] / *Ya.P. Didukh, I.I. Chornei, V.V. Budzhak ta in.* / Za red. *Ya.P. Didukha, I.I. Chornei*. Chernivtsi. Druk Art. 2016. 280 s.

5. *Kobiv Yu.I.* Prydzherelni oselyshcha kaltsefilnykh vydiv roslyn u Chornohori (Ukrainski Karpaty) yak ridkisi osередky bioriznomanittia [Near the springs habitats of calciferous plant species in Chornogor (Ukrainian Carpathians) as rare foci of biodiversity]. *Naukovi zapysky Derzhavnoho pryrodnavchoho muzeiu*. 2007. Vyp. 23. S. 43-54.

6. *Korchemliuk M.V., Kravchynskyi R.L.* Osnovy monitorynhu vodnykh dzherel na terytorii Karpatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku [Basics of monitoring springs in the Carpathian National Nature Park] / *Mat-ly 3-ho mizhnarod. nauk. seminaru: Pryrodni resursy rehionu - problemy vykorystannia, revitalizatsii ta okhorony* Lviv. VTs LNU im. I. Franka. 2018. S. 194-199.

7. *Korchemliuk M.V., Kravchynskyi R.L., Tymchuk O.V.* Heobotanichni aspekt u vyvchenni vodnykh dzherel (na prykladi Karpatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku) [The geobotanical aspect in the study of springs (on the example of the Carpathian National Natural Park)] / *Mat-ly 2-yi mizhnarod. nauk. konferentsii: Sohoddennia biolohichnoi nauky*. Sumy. FOP Tsoma. 2018. S.135-137.

8. *Korchemliuk M.V., Kravchynskyi R.L., Stefurak O.M.* Rol karpatskykh pryrodnykh dzherel v zhytti i pobuti hutsuliv [The Role of Carpathian springs in the Life and Life of Hutsuls] / *Mat-ly nauk.-prakt. konferentsii: Hutsulshchyna – KhKhI storichchia: problemy ta perspektyvy zberezhennia hirskei pryrody ta etnichnoi kultury v hutsulskomu rehioni Ukrainskykh Karpat v umovakh hlobalizatsii*. Yaremche. 2018. S. 173-175.

9. *Korchemliuk M.V., Savchuk B.B., Stefurak O.I., Klymenko A.O.* Mikroelementy v pryrodnykh dzherelakh Karpatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku [Trace Elements in Springs of the Carpathian National Nature Park] / *Mat-ly nauk.-prakt. konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu: Babenkovski chytannia*. Ivano-Frankivsk. 2013. S. 49.

10. *Kravchynskyi R.L., Stefurak O.M.* Teoretychni ta praktychni aspekty monitorynhu vodnykh dzherel na terytorii Karpatskoho NPP [Theoretical and practical aspects of monitoring of springs in the Carpathian NNP] / *Mat-ly mizhnarod. nauk.-prakt. konferentsii, prysviachenii 30-ty richchii NPP «Synevyr»: Funktsionuvannia pryrodokhoronnykh terytorii v suchasnykh umovakh*. Synevyrska Poliana. 2019. S.12-17.

11. *Kravchynskyi R.L., Khilchevskiy V.K., Korchemliuk M.V., Stefurak O.M.* Monitorynh pryrodnykh vodnykh dzherel Karpatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku [Monitoring of springs of the Carpathian National Nature Park] / *Za red. V.K. Khilchevskoho*. Ivano-Frankivsk. Foliant. 2019. 124 s.

12. Nekos A.N., Maksymov O.M., Shevchuk K.V. Ekologichna yakist pryrodnykh vod z miskykh dzherel m. Kharkova [Ecological quality of natural waters from urban springs in Kharkov]. *Liudyna ta dovkilia. Problemy neokolohii*. 2019. Vyp. 31. S. 96-103.
13. Otsinka sanitarno-khimichnykh pokaznykiv bezpechnosti ta yakosti vody populiarnykh dzherel ryznykh heostrukturykh zon Lvivshchyny [Evaluation of sanitary-chemical indicators of safety and water quality of popular springs of different geostructural zones of Lviv region] / R.P. Didula, Ye.I. Kondratiuk, Yu.B. Blavatskyi, V.Iu. Usov, O.V. Pylypovych. *Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekolohii*. 2018. № 4 (51). S. 87-101.
14. Slobodian V.Ia., Korchemliuk M.V., Kravchynskyi R.L., Savchuk B.B. Monitorynh pryrodnykh dzherel na terytorii Karpatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku [Monitoring of springs in the Carpathian National Nature Park] / Mat-ly nauk.-prakt. konferentsii: Hutsulshchyna – KhKhI storichchia: problemy ta perspektyvy zberezhenia hirskoi pryrody ta etnichnoi kultury v hutsulskom rehioni Ukrainskykh Karpat v umovakh hlobalizatsii. Yaremche, 2018. S. 201-204.
15. Terletska H. Rezultaty monitorynhu pryrodnykh dzherel na terytorii m. Kyieva [Results of springs monitoring in Kyiv]. *Svitohliad*. 2009. № 4. S. 60-65.
16. Khilchevskyi V.K. Vodopostachannia i vodovidvedennia – hidroekologichni aspekty: pidruchnyk [Water supply and sanitation - hydro-environmental aspects: a textbook]. Kyiv. VPTs «Kyivskyi universytet». 1999. 319 s.
17. Khilchevskyi V.K., Korchemliuk M.V., Kravchynskyi R.L., Savchuk B.B. Umovy formuvannia khimichnoho skladu vody hirskoho ozera Maricheika (masyv Chornohora, Ukrainski Karpaty) [Conditions of formation of chemical composition of water of mountain lake Maricheika (massif of Chernogor, Ukrainian Carpathians)]. *Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekolohii*. 2018. 1(48). S. 6-15.
18. Khilchevskyi V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M. Osnovy hidrokhimii: pidruchnyk [Fundamentals of hydrochemistry: a textbook]. Kyiv. Nika-Tsentr, 2012. 312 s.
19. Khilchevskyi V.K., Osadchyi V.I., Kurylo S.M. Rehionalna hidrokhimii Ukrainy: pidruchnyk [Regional hydrochemistry of Ukraine: a textbook. Kiev]. Kyiv. VPTs «Kyivskyi universytet». 2019. 343 s.
20. Khilchevskyi V.K., Romas M.I. Dzherelo vodne [The Spring]. *ESU*. 2007. T. 7. – URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=23979
21. Shestopalov V.M., Samchuk A.I., Moiseiev A.Iu., Popenko E.S. Rozpodil selenu v pryrodnykh vodakh Prykarpatskoho rehionu [Selenium distribution in the natural waters of the Carpathian region]. *Heokhimii ta rudoutvorennia*. 2011. Vyp. 30. S. 76-83.
22. Khilchevskyi V.K., Grebin V.V., Sherstyuk N. P. Modern Hydrographic and Water management zoning of Ukraine's territory in 2016 - implementation of the WFD-2000/60/EC // Electronic book with full papers XXVIII Conference of the Danubian Countries. Kyiv. 2019. P. 209-223.
23. Khilchevskyi 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. – URL: <https://doi.org/10.15421/111832>.
24. Khilchevskyi V.K., Kurylo S.M., Sherstuk N.P., Zabokrytska M.R. The chemical composition of precipitation in Ukraine and its potential impact on the environment and water bodies. *Journal of geology, geography and geoecology*. 2019. 28(1). P. 79-86. – URL: <https://doi.org/10.15421/111909>.
25. Khilchevskyi V.K., Zabokrytska M.R., Sherstyuk N.P. Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on territory of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. 27(2). P. 232-243. - URL: <https://doi.org/10.15421/111848>.
26. Kjelstrom L.C. Methods to Estimate Annual Mean Spring Discharge to the Snake River Between Milner Dam and King Hill, Idaho. U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 95-4055. Boise. Idaho. 1995.

«Моніторинг природних водних джерел Карпатського національного природного парку» (2019) – перша в Україні монографія про джерела

Забокрицька М.Р.

В статті представлено і проаналізовано монографію «Моніторинг природних водних джерел Карпатського національного природного парку» (автори Р.Л. Кравчинський, В.К. Хільчевський, М.В. Корчемлюк, О.М. Стефурак. За ред. В.К. Хільчевського), яку видано у 2019 р. Це перше подібне монографічне дослідження водних джерел в Україні. В ньому викладено результати моніторингових досліджень природних водних джерел на території Карпатського національного природного парку (польові обстеження, дослідження гідрологічного режиму, хімічного складу води). Наведено методи, які застосовуються при дослідженні джерел та

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 1 (56)

інтерпретації даних. В книзі наголошується, що у наш час багатогранна структура екологічного та функціонального значення природних водних джерел може стати предметом міждисциплінарних досліджень, включаючи природничі, технічні, економічні, часто медичні, а інколи й гуманітарні науки. Обґрунтовано необхідність посилення уваги до моніторингу природних водних джерел з боку фахівців природоохоронного спрямування – географів, гідрогеологів, гідрологів, екологів.

Ключові слова: природні водні джерела; дебіт; хімічний склад води; Карпатський національний природний парк.

«Мониторинг природных водных источников Карпатского национального природного парка» (2019) - первая в Украине монография о родниках

Забокрицкая М.Р.

В статье представлена и проанализирована монография «Мониторинг природных водных источников Карпатского национального природного парка» (авторы Р. Л. Кравчинский, В.К. Хильчевский, М.В. Корчемлюк, О.М. Стефурак / Под ред. В.К. Хильчевского), изданной в 2019 г. Это первое подобное монографическое исследование водных источников в Украине. В нем изложены результаты мониторинговых исследований природных водных источников на территории Карпатского национального природного парка (полевые обследования, исследования гидрологического режима, химического состава воды). Приведены методы, применяемые при исследовании источников и интерпретации данных. В книге отмечается, что в наше время многогранная структура экологического и функционального значения природных водных источников может стать предметом междисциплинарных исследований, включая естественные, технические, экономические, часто медицинские, а иногда и гуманитарные науки. Обоснована необходимость усиления внимания к мониторингу природных водных источников со стороны специалистов природоохранного направления - географов, гидрогеологов, гидрологов, экологов.

Ключевые слова: природные водные источники; дебит; химический состав воды; Карпатский национальный природный парк.

«Monitoring of springs of the Carpathian National Nature Park» (2019) - the first monograph on springs in Ukraine

Zabokrytska M.R.

The monograph "Monitoring of springs of the Carpathian National Natural Park" is presented and analyzed in the article (authors R.L. Kravchynskiy, V.K. Khilchevskiy, M.V. Korchemlyuk, O. M. Stefurak / Ed. by V.K. Khilchevskiy), published in 2019. This is the first such monographic study of of springs in Ukraine. It presents the results of monitoring studies of natural of springs in the territory of the Carpathian National Natural Park (field surveys, studies of the hydrological regime, chemical composition of water). Inventory and accounting of springs is included in the plan of annual nature conservation activities held in the park. There are all the necessary conditions for a comprehensive study of natural groundwater output to the surface – scientific, logistical and informational base. In 2019, after the grant of two wetlands in the Carpathian National Park (Prut and Pogorelets) international status and their inclusion in the list of wetlands protected by the Ramsar Convention on Wetlands of International Imports of International Imports especially as Waterfowl Habitat, 1971 - the study of environmental components, including springs, becomes more relevant and practical. About 40 expeditions were conducted to investigate springs in three major natural complexes in the Carpathian National Nature Park: Skibov Gorgany, Yasin-Verkhovyna Inter-Mountain Basin, and the Chernogorsky Massif. In the hydrological aspect, these are the basins of the Prut River. About 300 objects were covered by the monitoring studies. As a result of the analysis of literary sources, summarization of the information obtained in the expeditions, laboratory conditions and during the camera processing of materials, a considerable amount of data has been formed for writing the first monographic study in Ukraine on this subject, structurally consisting of eight sections. The methods used in the study of of springs and interpretation of data are presented. The book notes that in our time the multifaceted structure of the ecological and functional significance of natural of springs can be the subject of interdisciplinary research, including natural, technical, economic, often medical, and sometimes humanities. The necessity of increasing attention to the monitoring of natural of springs from environmental experts - geographers, hydrogeologists, hydrologists, ecologists, is justified.

Keywords: springs; flow rate; chemical composition of water; Carpathian National Natural Park.

Надійшла до редколегії 14.01.2020

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

2020 рік

№ 1 (56)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – Москаленко С.О.

Підписано до друку 10.02.2020
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Arial. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 100 прим. Зам. № 52-014.



Видавництво географічної літератури “Обрії”

Свідоцтво Держкомінформ України
ДК № 23 від 30.03.2000 р.
Київ, вул. Старокиївська, 10
Тел.: (096) 882-30-30
e-mail: vgl_obrii@ukr.net