

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
Том 4 (35)

Київ
2014

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2014. – Т. 4(35). – 129 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

The scientific collection / The editor-in-chief V.K. Khilchevskiy. – 2014. – Vol. 4(35). – 129 p.

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

- Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” засновано у травні 2000 р.
 - Зареєстровано Міністерством юстиції України 8 жовтня 2009 р. (наказ № 1806/5).
 - Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 15819-4291Р від 8 жовтня 2009 р.
 - Постановою Президії ВАК України № 1-01/10 від 13 грудня 2000 р. включено до переліку фахових періодичних наукових видань за спеціальностями “Географічні науки”.
 - Атестовано Вищою атестаційною комісією України; Постанова Президії ВАК України № 1-05/2 від 10 березня 2010 р.
-
- **Видавець:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
 - Виходить чотири рази на рік.

*Рекомендовано до друку Вченою радою
географічного факультету
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
(10 грудня 2014 р., протокол № 10)*

Адреса видавця та редколегії:

*м. Київ, МСП-680, проспект Глушкова, 2-А,
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: *gidrolog@niv.kiev.ua*
luko15_06@ukr.net

ISSN:2306-5680

© Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2014

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Хільчевський В. К., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка (головний редактор)*;

Гребінь В. В., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка (заступник головного редактора)*;

Гандзюра В. П., доктор біологічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Гопченко Є. Д., доктор географічних наук, *Одеський державний екологічний університет*;

Линник П. М., доктор хімічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*;

Ободовський О. Г., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Осадчий В. І., доктор географічних наук, член-кореспондент НАН України, *Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут*;

Самойленко В. М., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Сніжко С. І., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Тімченко В. М., доктор географічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*;

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

Шищенко П. Г., доктор географічних наук, член-кореспондент НАПН України, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Щербак В. І., доктор біологічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*;

Яцик А. В., доктор технічних наук, академік НААН України, *Український науково-дослідний інститут водогосподарсько-екологічних проблем*;

Лук'янець О. І., кандидат географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка (відповідальний секретар)*.

З М І С Т

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Гопченко Є.Д., Катинська І.В.

Удосконалення науково-методичної бази для нормування характеристик річного стоку у Закарпатті 8

Дубняк С.С.

Засади історико-генетичного та структурно-функціонального аналізу біотопічної структури великих водосховищ..... 14

Шакірзанова Ж.Р.

Ефективність територіально-загального методу довгострокового прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля річок України..... 32

Удовенко О.І., Ківва С.Л., Ковалець І.В.

Оцінка кліматичних характеристик екстремальних дощових паводків із використанням методів статистичного даунскелінга..... 39

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Тимченко В. М., Дараган С. В.

Сменяемость воды в водоемах Киева 49

Олійник В.С.

Критерії оцінки гідрологічної ролі лісів Карпат..... 58

Бойко В.М., Петренко Л.В., Щербак А.В.

Короткострокове прогнозування характеристик льодового режиму водних об'єктів України за фізико-статистичною моделлю ICE_1_5..... 65

Медведєва Ю.С.

Методика розрахунку складових водного балансу озера Китай..... 72

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Шерстюк Н.П.

Аналіз впливу Полтавського гірничо-збагачувального комбінату на хімічний склад води та перебіг гідрохімічних процесів у водних об'єктах 78

Скоблей М.П., Линник П.М.

Важкі метали у воді річки Тиси: вміст, форми знаходження та особливості міграції (за результатами моніторингових досліджень) 87

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Доленко С.О., Баламут В.І., Демченко В.Я., Бичковська О.М.

Гідрогеохімічний аналіз вод природних підземних джерел на території м. Києва	98
--	----

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кічук Н.С.

Розрахункові характеристики дощових опадів на Півдні України	107
--	-----

Пясецька С.І.

Особливості просторово-часового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ по окремих метеорологічних станціях України протягом 1991-2000 та 2001-2010 рр.	113
--	-----

ІНФОРМАЦІЯ

Пам'яті Соколова Віктора Володимировича.....	125
--	-----

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”	127
---	-----

C O N T E N T S

THE GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Gopchenko E., Katynska I.

Improvement of scientific and methodological basis for the norms of annual flow on territory of Zakarpat'ya 8

Dubnyak S.S.

Basis of historical-genetic and structural-functional analysis of the large reservoirs biotopic structure..... 14

Shakirzanova Zh.R.

The efficiency of the general method of territorial long-term forecasting characteristics of maximum runoff of spring flood of the rivers of Ukraine 32

Udoenko O.I., Kivva S.L., Kovalets I.V.

Estimation of climatological parameters of extreme flash floods using the statistical downscaling method..... 39

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Timchenko V. M., Daragan S. V.

Water exchange of Kyiv water bodies 49

Olijnyk V.S.

Criteria for the hydrological role of forests evaluating in the Carpathians..... 58

Boyko V., Petrenko L., Scherbak A.

Short-term forecasting of ice regime characteristics of water objects of Ukraine on the physical-statistical model ICE_1_5 65

Medvedieva Iu.S.

Method of calculating the components of the water balance of Kitay lake 72

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Sherstuk N.P.

Analysis of the impact of Poltava mining and processing plant at the chemical composition of the water and move hydrochemical processes in water bodies ... 78

Skobley M.P., Linnik P.N.

Heavy metals in water of the Tisza River: the concentration, existing forms and peculiarities of migration (based on the results of monitoring studies) 87

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

Dolenko S.O, Balamut V.I, Demchenko V.J, Bychkoaska O.M

Hydrogeochemical analysis of natural underground sources of water
in the city Kyiv

98

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

Kichuk N.S.

Expected characteristics of rainfall in the South of Ukraine

107

Pyasetska S.I.

Features spatiotemporal distribution of sediments and ice category RP (risk) and
ovarian of extreme weather events (spontaneous) meteorological stations of
Ukraine for 1991-2000 and 2001-2010 years.....

113

INFORMATION

Memory of Sokolov Viktor

125

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

127

УДК 556.531.4

Гопченко Є.Д., Катинська І.В.

Одеський державний екологічний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОЇ БАЗИ ДЛЯ НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РІЧНОГО СТОКУ У ЗАКАРПАТТІ

Ключові слова: норма річного стоку, часові ряди спостережень, нормативні документи

Вступ. Особливості Закарпаття визначаються його фізико-географічним положенням. На півночі і північному сході (Велико-Березнянський, Воловецький, Межгірський, Тячівський, Рахівський райони) Закарпаття межує зі Львівською та Івано-Франківською областями; на північному заході (Великоберезнянський район) – з Польщею – державний кордон довжиною 33,4 км; на заході (Ужгородський, Виноградівський райони) – з Угорщиною – державний кордон довжиною 130 км; на південному сході (Рахівський, Тячівський, Хустський райони) – з Румунією – довжина державного кордону 205,4 км. В межах України площа області становить 12,8 тис. км², з яких 4/5 займають гори і 1/5 – рівнини.

Північно-східний кордон області проходить по Вододільному хребту, який є вододілом між басейнами річок Тиса і Дністер. Південніше його простягнулась центральна група хребтів – Полонинські гори. Найбільш південна, третя група хребтів – Вулканічні Карпати. До південних схилів Вулканічних Карпат прилягає Закарпатська низовина – частина Середньодунайської низовини. Це плоска рівнина, яка поступово знижується від передгор'їв до правих берегів р. Тиса [1].

Найбільшою річкою Закарпаття є саме Тиса, яка утворюється злиттям річок Чорна і Біла Тиси.

По території України р. Тиса протікає головним чином у західному напрямку, а частково – по кордону з Угорщиною та Румунією. Загальна протяжність Тиси 967 км, з них у межах України – 262 км. На території області вона приймає праві притоки: річки Косовську, Тересву, Теремлю, Ріку, Боржаву й інш.

За класифікацією Б.П. Алісова [3], розглядувану територію відносять до області континентально-європейського клімату. Оскільки абсолютні позначки місцевості коливаються у широких межах (від 102 до 2061 м), то кліматичні характеристики різних частин басейну значно різняться, особливо в залежності від висоти місцевості.

Найбільша кількість опадів випадає в східній частині басейну – у верхів'ях річок Теремля і Тересва більше, ніж 1500 мм на рік [1], передгір'ях 800-1000 мм, з просуванням до низовини їх кількість зменшується до 700 мм.

Сучасний стан вивчення річного стоку у Закарпатті. У нашій роботі [2] надається доволі розгорнутий аналіз гідрологічної вивченості території. Причому, вивченість природних умов Закарпаття відноситься ще до початку XVII сторіччя, але до 1945 року вона не була комплексною і проводилась виключно в інтересах господарського використання природних ресурсів регіону.

Мережа гідрологічних постів у часі не була постійною. Ще у 1975 р. на території Закарпатської області було більше 70 гідрологічних об'єктів. До цього періоду також відноситься організація воднобалансової станції у складі 19 водозборів з площами від 0,28 км² (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я) до 550 км² (р. Ріка – смт Міжгір'я).

Ґрунтовні узагальнення річного стоку у Закарпатті відносяться до 1965 р. [1], причому з використанням двох альтернативних підходів – побудови карти ізоліній, з одного боку, а з іншого – побудуванням залежності норми стоку від висотного положення водозборів. Регіональні узагальнення СНіП 2.01.14-83 представлені у табличній формі $q_0 = f(H)$, де q_0 – норма річного стоку (л/(с·км²)), H – середня висота водозборів. У діапазоні $H=200-1100$ м модуль стоку q_0 змінюється від 5,1 до 40,8 л/(с·км²).

У нашій статті [2] норма стока q_0 представлена залежністю $q_0 = f(H)$, яка описана рівнянням:

$$q_0 = 0,027(H - 1000) + (q_0)_{H=1000}, \quad r = 0,72, \quad (1)$$

де $(q_0)_{H=1000}$ – норма стоку, яка віднесена до умовної площі водозборів $H=1000$ м.

Коефіцієнт впливу висотного положення на норму стоку q_0 дорівнює

$$k_H = 1 + 0,83 \times 10^{-3}(H - 1000). \quad (2)$$

Приведені до $H=1000$ м модулі стоку $(q_0)_{H=1000}$

$$(q_0)_{H=1000} = q_0 / k_H \quad (3)$$

у подальшому були картовані.

Ізолінії проведені через 5-10 л/(с·км²). Змінюються $(q_0)_{H=1000}$ від 15 (у південно-західній частині до 30-40 л/(с·км²) – у межиріччі Тур'я – Латориця і Ріка – Теремля. Для водозборів з площами $F < 20$ км² запропоновані поправкові коефіцієнти до цієї карти k_F , які змінюються від 0,43 (при $F = 0$ до 1,0 (при $F \geq 20$ км²).

За такою методикою розрахункові модулі стоку $(q_0)_{розр.}$ будуть визначатись за виразом

$$(q_0)_{розр.} = (q_0)_{H=1000} \cdot k_H \cdot k_F, \quad (4)$$

де $(q_0)_{H=1000}$ – модуль стоку, приведений до середньої висоти водозборів $H=1000$ м, що знімається з відповідної карти для їх геометричних центрів; k_F – перехідний коефіцієнт від зональних значень q_0 до невеликих водозборів (з площею $F < 20$ км²).

Методика, що пропонується для уточнення розрахункових величин норм річного стоку у Закарпатті. Викладена методика ґрунтується на сучасних матеріалах спостережень (до 2008 р., включно), які до того ж перевірені на однорідність.

Але недоліки мають іншу причину. Вони пов'язані з тим, що на Український території знаходяться лише правобережні притоки р. Тиси. І таким чином, при картуванні стокових величин невисвітленою залишається значна територія, яка безпосередньо знаходиться у прирусловій частині р. Тиси.

Вихідні дані, використані в [2] при побудуванні карти приведених модулів річного стоку $(q_0)_{H=1000}$, доповнені середньобагаторічними річними опадами x_0 (мм) по існуючих метеорологічних станціях і постах. Розподіл x_0 по території Закарпаття ілюструється рис. 1. Ізолінії проведені через 100 мм.

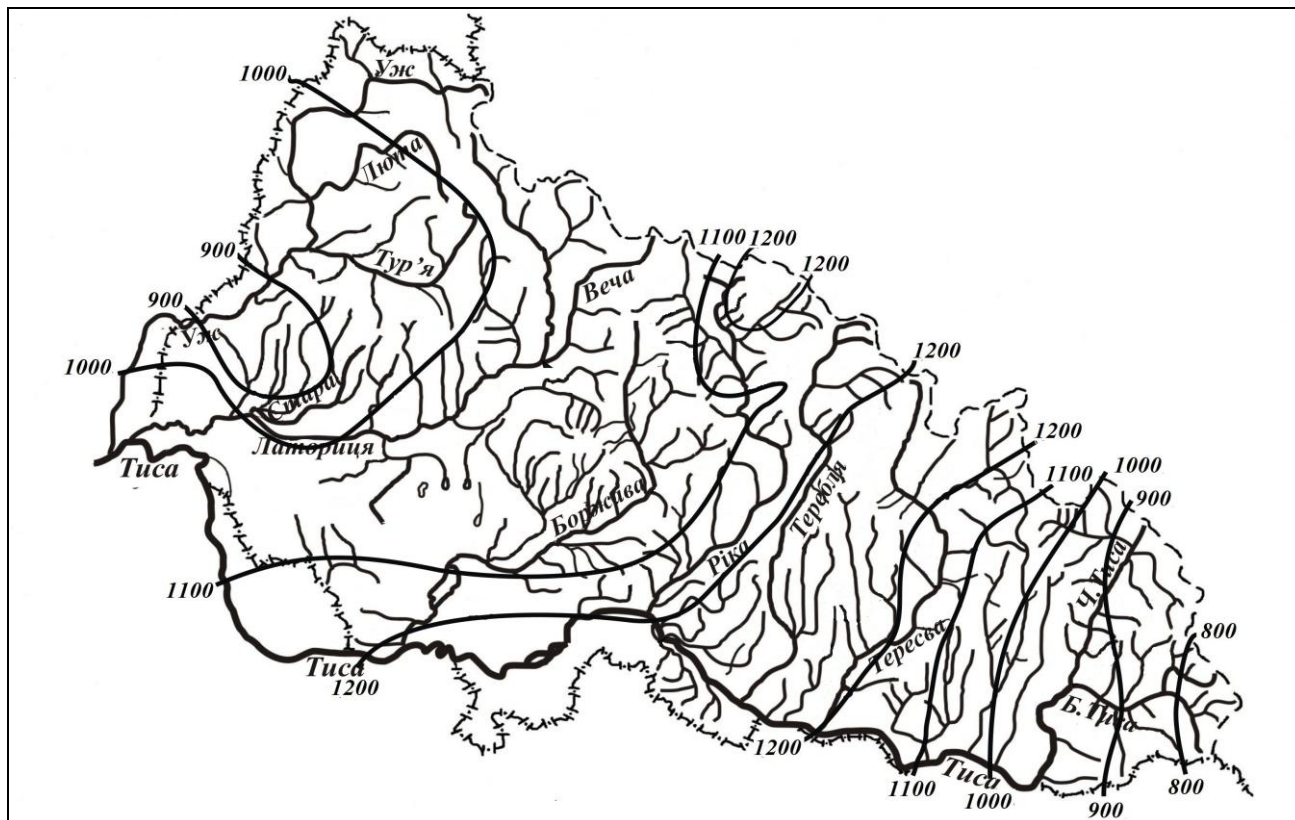


Рис. 1. Розподіл по території середньобагаторічних сум опадів, мм

Як видно, змінюються величини у широкому діапазоні – від 800 до 1200 мм, причому, подібно рельєфу, досить складним є також і розподіл у просторі річних опадів. Максимум (1100-1200 мм) припадає на басейни річок Боржави, Терєблї і Терєсви. Мінімальні значення (до 800 мм) спостерігаються в басейні Білої Тиси. На підставі цієї карти для геометричних центрів водозборів річок Закарпаття були зняті x_0 (табл. 1). За допомогою табл. 1 побудовано залежність $(q_0)_{H=1000} = f(x_0)$, яка показана на рис. 2. Описується вона рівнянням:

$$(q_0)_{H=1000} = 0,18(x_0 - 1000) + 30,42 \quad (5)$$

Коефіцієнт кореляції становить 0,38 і відноситься до значущих.

Наявність такої регіональної залежності дає змогу одержати будь-яку кількість розрахункових модулів $(q_0)_{H=1000}$, спираючись на базову карту приведених модулів стоку $(q_0)_{H=1000}$ і знятих для окремих пунктів (у межах недостатньо висвітлених спостереженнями за стоком річок) величин опадів.

Таблиця 1. Норми річного стоку і опадів в басейнах річок Закарпаття

№ з/п	Река-пост	F , км ²	Q_0 , м ³ /с	q_0 л/скм ²	φ^0	H , м	$H_{сп} -$ -1000, м	x_0 , мм
1	р. Боржава – с. Довге	408	11,18	27,40	49	620	-380	1070
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	20,59	18,72	48	470	-530	1050
3	р. Бруструанка – с. Лопухів	257	8,81	34,28	48	1100	100	1200
4	р. Веча – с. Нелепіно	241	6,84	28,38	49	760	-240	1050
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	2,49	8,89	49	550	-450	1200
6	стр. Йойковець – смт Міжгір'я	0,39	6,55	16,79	49	630	-370	1130
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	4,65	38,11	49	1060	60	1000
8	р.Латориця – м.Мукачеве	1360	26,43	19,43	49	570	-430	1040
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	9,83	30,34	49	720	-280	1000
10	р. Латориця – м. Свалява	680	14,84	21,82	49	700	-300	1070
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	36,08	12,57	49	310	-690	1000
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	0,98	26,27	49	897	-103	1200
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	4,77	32,01	48	770	-230	1200
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	4,2	24,85	49	700	-300	1000
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	8,31	38,83	48	1100	100	1200
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	1,49	33,71	49	820	-180	1060
17	р. Репінка – с. Репіно	203	5,99	29,51	49	780	-220	1080
18	р.Ріка – смт Міжгір'я	550	13,91	25,29	49	800	-200	1100
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	39,22	34,71	48	680	-320	1100
20	р. Стара – с. Зняцево	224	2,27	10,13	49	300	-700	900
21	р. Теремля – с. Колочава	369	14,68	39,78	49	1000	0	1200
22	р.Тересва – смт Дубове	757	25,13	33,20	48	1000	0	1200
23	р.Тересва – с.Нересниця	1100	34,42	31,29	48	930	-70	1200
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	18,7	32,69	48	1100	100	1190

Продовження табл. 1.

№ з/п	Река-пост	F , км^2	Q_0 , $\text{м}^3/\text{с}$	q_0 $\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$	φ^0	H , м	$H_{\text{ср}} -$ -1000 , м	x_0 , мм
24	р. Тересва – сміт Усть-Чорна	572	18,7	32,69	48	1100	100	1190
25	р. Тиса – сміт Вілок	9140	214,7	23,49	48	-	-	1200
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	5,22	27,62	48	1200	200	800
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	25,74	24,06	48	1100	100	850
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	137,65	21,28	48	-	-	1000
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	166,03	21,59	48	870	-130	1100
30	р. Ч. Тиса – сміт Ясіня	194	4,93	25,41	48	1000	0	870
31	р. Тур'я – с. Сімер	464	8,97	19,33	49	540	-460	950
32	р. Уж – с. Жорнава	286	6,72	23,50	49	670	-330	1000
33	р. Уж – с. Зарічево	1280	20,4	15,94	49	560	-440	1000
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	29,33	14,89	49	530	-470	950

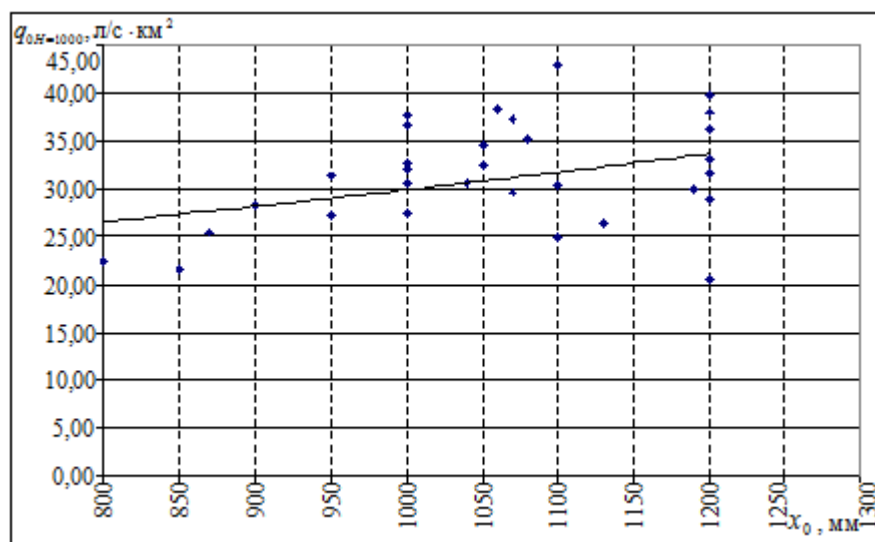


Рис. 2. Залежність приведених до умовної висоти водозборів $H = 1000\text{м}$ норм річного стоку q_0 , $\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$ від середніх багаторічних величин опадів x_0 , мм

За допомогою такої методики додатково на попередню карту [2], обґрунтовану стоковими величинами по 34 водозборах, нанесено ще 29 опорних значень $(q_0)_{H=1000}$, $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$. Ізолінії (рис. 3) проведені з просторовим кроком 2 $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$. Від попереднього варіанту запропонований новий методичний підхід до обґрунтування розрахункової схеми норм річного стоку суттєво покращує можливість визначення норм річного стоку q_0 ($\text{л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$) у правобережній частині річки Тиси.

У практичному відношенні норми стоку q_0 ($\text{л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$) обчислюються за рівнянням (1), причому $(q_0)_{H=1000}$ знімаються з карти для центрів водозборів річок.

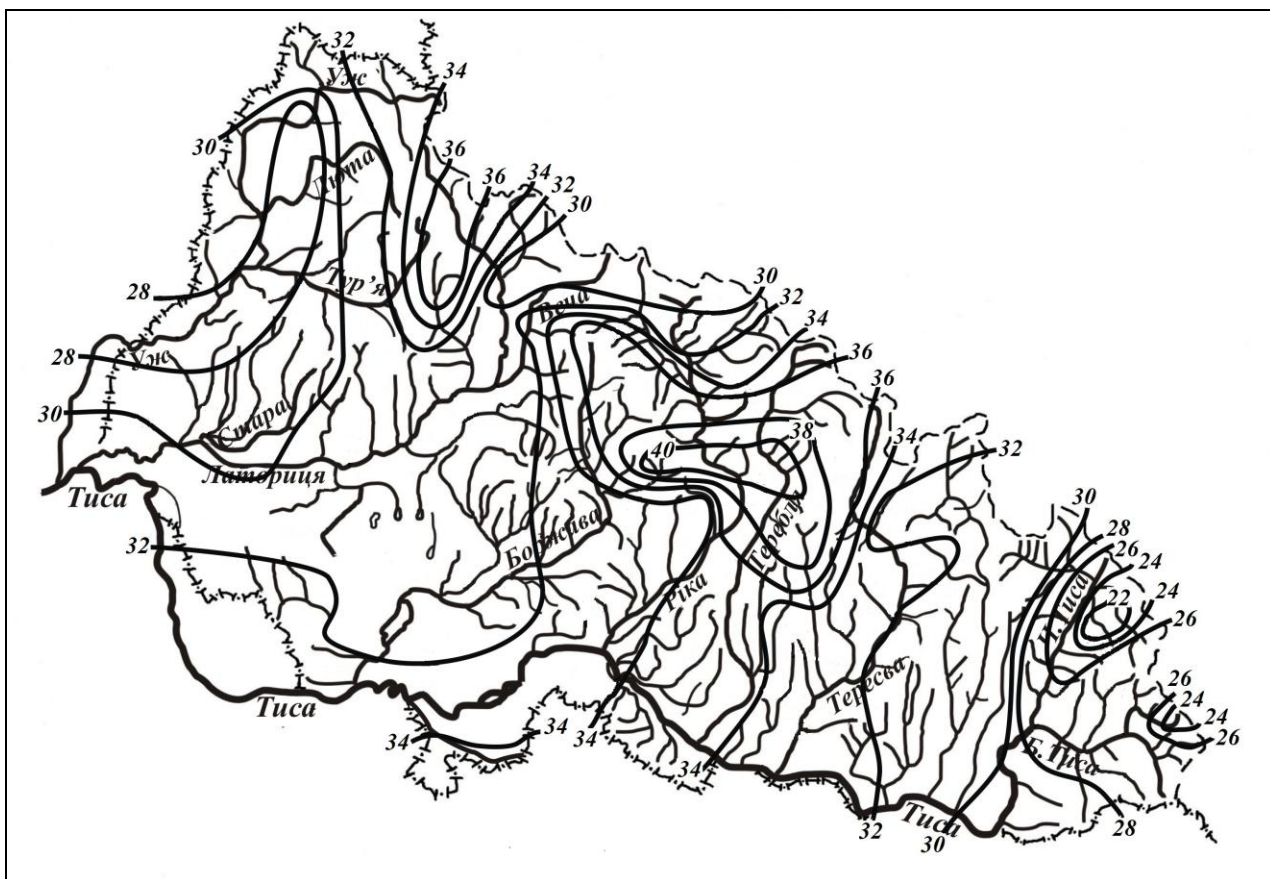


Рис. 3. Просторовий розподіл приведених до середньої висоти водозборів $H=1000$ м норм річного стоку $(q_0)_{H=1000}$, л/(с км²)

Для урахування неповноти дренажування підповерхневих вод на водозборах розміром $F < 20$ км² пропонуються коефіцієнти зниження k_F , до модулів q_0 , обчислених за формулою (1). Таблиця k_F наводиться нижче (табл. 2)

Таблиця 2. Перехідні коефіцієнти k_F

F , км ²	0	2,0	5,0	10,0	15,0	$\geq 20,0$
k_F	0,43	0,64	0,77	0,88	0,95	1,0

Висновки. Удосконалення методичної бази при визначенні норм річного стоку у межах правобережної території в басейні р. Тиси досягається за рахунок використання не лише стокових величин, але й річних сум опадів. Останнє дало змогу обґрунтувати ту частину території басейну р. Тиси, яка до цього часу фактично залишається не висвітленою гідрологічними спостереженнями.

Запропонована карта розглядається як доповнення до чинних нормативних документів по розрахунку норм річного стоку на території Закарпаття.

Список літератури

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6 выпуск 1. Западная Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 884 С. 2. Гопченко Є.Д. Норми річного стоку на

території Закарпаття / Є.Д. Гопченко, І.В. Катинська – «Вісник ОДЄКУ», 2013. – с. 134-140.
З. Алисов Б.П. Климат СССР / Б.П. Алисов.– Издательство МГУ, 1956. – 365 С.

Удосконалення науково-методичної бази для нормування характеристик річного стоку у Закарпатті

Гопченко Є.Д., Катинська І.В.

В статті обґрунтовуються науково-методичні підходи при нормуванні річного стоку в умовах значної нерівномірності розташування гідрологічної мережі спостережень на території Закарпаття.

Ключові слова: норма річного стоку, часові ряди спостережень, нормативні документи.

Усовершенствование научно-методической базы для нормирования характеристик речного стока Закарпатья.

Гопченко Е.Д., Катинская И.В.

В статье обосновываются научно-методические подходы при нормировании речного стока в условиях значительной неравномерности гидрологической сети наблюдений на территории Закарпатья.

Ключевые слова: норма годового стока, временные ряды наблюдений, нормативные документы.

Improvement of scientific and methodological basis for the norms of annual flow on territory of Zakarpat'ya.

Gopchenko E., Katynska I.

In the article the scientific and methodological approaches to rationing of annual flow in the face of considerable unevenness of hydrological observation network on territory of Zakarpat'ya.

Keywords: norm of annual flow, time series of observations, normative documents.

Надійшла до редколегії 29.10.2014

УДК 556.53+556.52/55

Дубняк С.С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЗАСАДИ ІСТОРИКО-ГЕНЕТИЧНОГО ТА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ БІОТОПІЧНОЇ СТРУКТУРИ ВЕЛИКИХ ВОДОСХОВИЩ

Ключові слова: водосховище, екосистема, біотопічна структура, провідні фактори, структурно-функціональний аналіз, історико-генетичний аналіз

Постановка проблеми. В зв'язку з розвитком екосистемних підходів до вивчення великих рівнинних водосховищ, зокрема Дніпровського і Волзького каскадів, гостро постала проблема врахування їх індивідуальних, типологічних і стадіальних особливостей розвитку. З'ясувалось, що ці водосховища як водні об'єкти не мають цілісних природних аналогів, хоча окремі їх частини схожі з порожистими ділянками річок, водно-болотними угіддями і мілководними озерами [1]. Проявом індивідуальних і типологічних особливостей водосховищ як екосистем є їх ідентифікація, структурно-функціональна класифікація їх біотопічної структури та відповідні районування і типізації [2 та ін.].

При цьому ми виходимо з розуміння водних екосистем як об'єднання живих організмів і навколишнього середовища, які характеризуються певною стабільністю і мають чітко функціонуючий внутрішній кругообіг речовин [3], або ж як цілісну систему взаємодіючих живих (біота) і неживих (абіота) компонентів у нерозривному зв'язку з умовами водного середовища та прилеглих територій [4].

Екосистему водосховища можна розділити на окремі частини – пригреблеву, схожу на озеро, і верхню – річкоподібну, між ними – мілководна чи мілководно-осушна ділянка, подібна до водно-болотних чи водно-озерних угідь [4-6]. Для кожної частини водосховища характерні свої угруповання гідробіонтів, які спільно утворюють біом водойми. Водночас екосистема водосховища може бути розділена на зональні структурні утворення (екотони) і окремі ділянки (біотопи) з різними умовами проживання гідробіонтів [2, 4-6].

Як показують еколого-гідроморфологічні дослідження [7], структура і функціональні особливості екологічних зон і біотопів змінюються по акваторії і прилеглих територіях водосховища як на певний момент часу, так і з часом, тобто відзначаються територіальними і стадіальними особливостями, які фіксуються зонуванням і районуванням та часовими змінами біотопічної структури водосховищ. На нашу думку, питання аналізу функціонування і розвитку компонентів біотопічної структури є ключовими в екологічній гідрології водосховищ і мають велике практичне значення для прогнозування екологічного стану водосховищ та планування заходів щодо його поліпшення, тому саме цим питанням присвячена дана стаття. Питання ідентифікації водосховищ в цілому та їх частин з еколого-гідроморфологічних позицій розглянуто в низці інших наших робіт [2, 6, 7, 8 та ін.].

Актуалізація досліджень. Ми розглядаємо велике рівнинне водосховище як складну природно-технічну (природно-антропогенну) систему, яка включає власне акваторію і прилеглу до неї зону впливу водойми на сушу. Ця система утворилась внаслідок штучного підвищення базису ерозії на рівнинній річці за допомогою греблі з наступним затопленням і перетворенням прилеглої до греблі території річкової долини у водосховище. Отже геологічну будову і рельєф водосховища успадковує від затопленої ним річкової долини. Ці ж природні компоненти стають вихідними умовами для формування біотопічної структури екосистеми водосховища, а їх відмінності (зональні, регіональні, місцеві) проявляються безпосередньо в особливостях біотопів і опосередковано – в специфіці біоти. Отже, затоплена водосховищем річкова долина стає біотопічним фактором водної екосистеми акваторії і прилеглої до неї території суші (екотону), де помітний вплив новоутвореної водойми і її узбережжя. Вплив геологічної будови і рельєфу затопленої долини диференціюється як в залежності від затоплених елементів (русло, заплава, тераси, схили долини), так і від зростання глибин і розмірів водойми в напрямку до греблі, а також від берегів до затопленого русла.

На нашу думку, специфіка формування і впливу біотопічної структури на водне середовище і біоту вимагає застосування методичних прийомів, розроблених в географічних і геологічних науках, а саме історико-генетичного та структурно-функціонального аналізу.

Виокремлення провідних (ключових) факторів формування біотопічної структури водосховищ, вивчення їх взаємовпливу і екосистемних проявів становить предмет структурно-функціонального аналізу. Результатом цього аналізу є класифікація факторів та їх функціональна структура (районування і зонування).

Історико-генетичний аналіз біотопічної структури екосистем великих рівнинних водосховищ – це визначення циклів (етапів) розвитку цієї структури і вивчення провідних біотопічних факторів і умов формування особливостей екосистеми. По суті цей аналіз включає дві взаємопов'язані процедури: встановлення походження (генезису) біотопічної структури екосистеми та основних (провідних) її факторів – це генетичний аналіз; вивчення розвитку цієї

екосистеми в цілому та окремих її частин і періодизація цього розвитку з встановленням основних етапів (стадій) – історичний аналіз.

Характеристика провідних факторів формування екосистем водосховищ. Інтегральним показником впливу на водну екосистему водосховища, включаючи її прибережний екотон, служить перевищення нового базису ерозії (відмітка рівня води у водосховищі) над побутовими рівнями води у річці. Чим більше це перевищення, тим більша буде так звана «енергія рельєфу», що визначає потужність процесів денудації (розмиву, руйнування) існуючого рельєфу ложа і берегів водосховища, а також процесів переміщення (транспорту) і акумуляції (седиментації) матеріалів розмиву.

Отже, різка і значна зміна місцевого базису ерозії в річці при утворенні на ній водосховища, призводить до активізації денудаційно-акумулятивних процесів, зокрема гідродинаміки, літодинаміки і морфодинаміки. Загальна спрямованість цих процесів – це вирівнювання (пенепленізація) існуючого рельєфу стосовно нового базису ерозії. Проявом цього процесу є формування нової гетерогенної поверхні дна (ложа), берегів і узбереж водосховища, хоча на різних його ділянках ці процеси будуть проходити по-різному з різними результатами. Зазначимо, що процеси вирівнювання рельєфу змінюють обернені їм процеси врізу русла і денудації (педипленізації) прилеглих до водосховища схилів і брівок в побутових умовах – в умовах річки.

Другий потужний абіотичний фактор формування екосистеми водосховища – це водні маси, власне новоутворене водне середовище, успадковане від стоку річки з його режимом. По вертикалі його можна умовно розділити на дві частини: більша, менш рухлива частина водойми, розташована нижче рівня мертвого об'єму, і верхня, більш рухлива частина – вище цього рівня, яка має назву «корисний об'єм водосховища». По горизонталі водна маса також поділяється на дві частини: мілководдя (глибини до 3 м) і глибоководдя (глибші 3 м), які простягаються вздовж і впоперек осі водосховища. Звичайно, за рахунок стокових та вітро-хвильових течій, різних видів перемішування ці водні маси взаємодіють між собою, але нижня (глибша) водна маса ближча за активністю до водних мас озера, а верхня – до рівнинної річки. На нашу думку, твердження про послаблення динамічної активності водних мас після створення водосховищ стосується в більшій мірі нижніх і мілководних водних мас, а не верхніх і глибоководних.

В цілому підвищення базису ерозії при створенні водосховища змінило не лише знак і напрямок водної ерозії і зв'язаної з нею акумуляції в річці. Виник цілий спектр нових факторів, які змінили гідродинаміку води і спрямованість процесів. Хвилі і течії найсильніше проявляються на глибоководдях і на незахищених мілководдях вздовж нової лінії урізу води (берегової зони), а при значних хвилях перемішування і абразійно-акумулятивні процеси охоплюють всю товщу води. Отже, різні фактори динамічної активності (течії, хвилі, проточність, переміщення і перемішування водних мас тощо) різновекторно реагують на зміну місцевого базису ерозії при утворенні нової водойми.

Гідрологічні абіотичні фактори добре вивчені з позицій екологічної гідрології [5, 9 10] і гідроекології [4, 11, 12] на дніпровських водосховищах, а також на водосховищах Росії [9, 13, 14], Білорусі [15], інших країн [16]. Виділено [5, 10, 11, 12] три блоки ключових гідрологічних факторів (зовнішній водообмін, внутрішня гідродинаміка та гідрофізичні властивості водних мас і донних ґрунтів), які практично охоплюють всі види впливу гідрологічного режиму на функціонування водних екосистем водосховищ. Дія гідрологічних факторів на екосистему моделюється геолого-геоморфологічними умовами і факторами річкової долини, що діють на місці розташування водосховища, а рушійними енергетичними і

речовинними факторами виступають гідрометеорологічні (сонячна радіація, атмосферний тиск, температура, повітряна циркуляція тощо) – на контакті «атмосфера – гідросфера» і водно-гравітаційні фактори [12] – на контакті «гідросфера – літосфера – морфосфера». Найбільш потужна взаємодія повітряного і водного факторів та геолого-геоморфологічного середовища проявляється в береговій зоні поблизу урізу води, де вони безпосередньо контактують, а водні екосистеми найбільш ефективно і оперативно реагують на ці контакти. Враховуючи мілководність і молодість водосховищ такі контактні умови можуть поширюватись на всю водойму.

Сумарний вектор екосистемної дії геолого-геоморфологічних і гідрологічних факторів, які ми пропонуємо називати «еколого-гідроморфологічними факторами», спрямований на створення і розвиток водної екосистеми водосховища, як нового екологічного, чи більш широко – географічного об'єкту. Провідну роль у процесі творення нового об'єкту відіграють антропогенні чи антропічні (діяльність людини) фактори, без яких цього об'єкту взагалі б не було. Ці фактори і після створення водосховища впливають на його екологічний і технічний стан, визначають напрямки його поліпшення, дозволяють моделювати і оптимізувати як стан екосистеми, так і використання її ресурсів. Наявність можливості управляти станом і використанням екосистем водосховищ відрізняє їх від природних об'єктів, хоча окремі організаційні та інженерні заходи управління гідроекосистемами виконуються на всіх категоріях водних об'єктів. Однак, саме на таких великих каскадах і комплексах водосховищ, як Дніпровський, Волзько-Камський, Ангара-Єнісейський, можна впроваджувати басейнове інтегроване екосистемне управління, оскільки ці каскади і комплекси, як зазначає А.Б.Авакян [17], уже є природно-технічними системами, якими можна управляти.

До антропогенних абіотичних факторів можна віднести режим експлуатації водосховищ (обсяги і строки попусків і пропусків води в різні періоди часу і коливання рівнів води у верхніх і нижніх б'єфах ГЕС), який безпосередньо впливає на гідрологічні абіотичні фактори, а також інженерно-технічні та організаційно-водоохоронні заходи на акваторіях і прилеглих територіях (гідроспоруди, регулювання господарської діяльності, меліорація мілководь і підтоплених земель, захист берегів і ложа, водоохоронна діяльність тощо), які регулюють гідроморфологічні фактори і умови. В кінцевому підсумку антропогенні фактори регулюють якість води у водоймі, її екологічний стан та біологічне різноманіття. Зазначимо, що антропогенні фактори можуть бути біотичними. Це вселення риб та інших гідробіонтів, біологічний захист берегів, біоплато, залуження і заліснення берегів тощо.

До четвертої групи провідних факторів формування екосистем водосховищ слід віднести біотичні природні фактори. Вони є предметом гідробіологічних екосистемних досліджень, результати яких можуть використовуватись в екологічній гідрології для вивчення взаємозв'язків між біотичними і абіотичними факторами. Однак, як показали наші еколого-гідроморфологічні дослідження мілководь Київського, Канівського і Кременчуцького водосховищ, а також р.Десна, виконані у 1995-2005 рр. [18, 19], за певних умов біотичні фактори самі виступають фактором впливу на біотопічну структуру водосховищ та на їх біоту. Ідеться про заростання мілководь, масштаби якого в останні 10 років дозволяють говорити про регенерацію (самовідновлення) затоплених заплав р.Дніпро під нові бази ерозії на ділянках мілководь шляхом їх заростання і замулення. В науковій літературі такий процес дістав назву «гідроморфізація мілководь» і перетворення їх в «дельтові ландшафти» [20]. На р.Десна відбувається самовідновлення русла на ділянках колишніх спрямлень і розчисток фарватеру після припинення тут цих

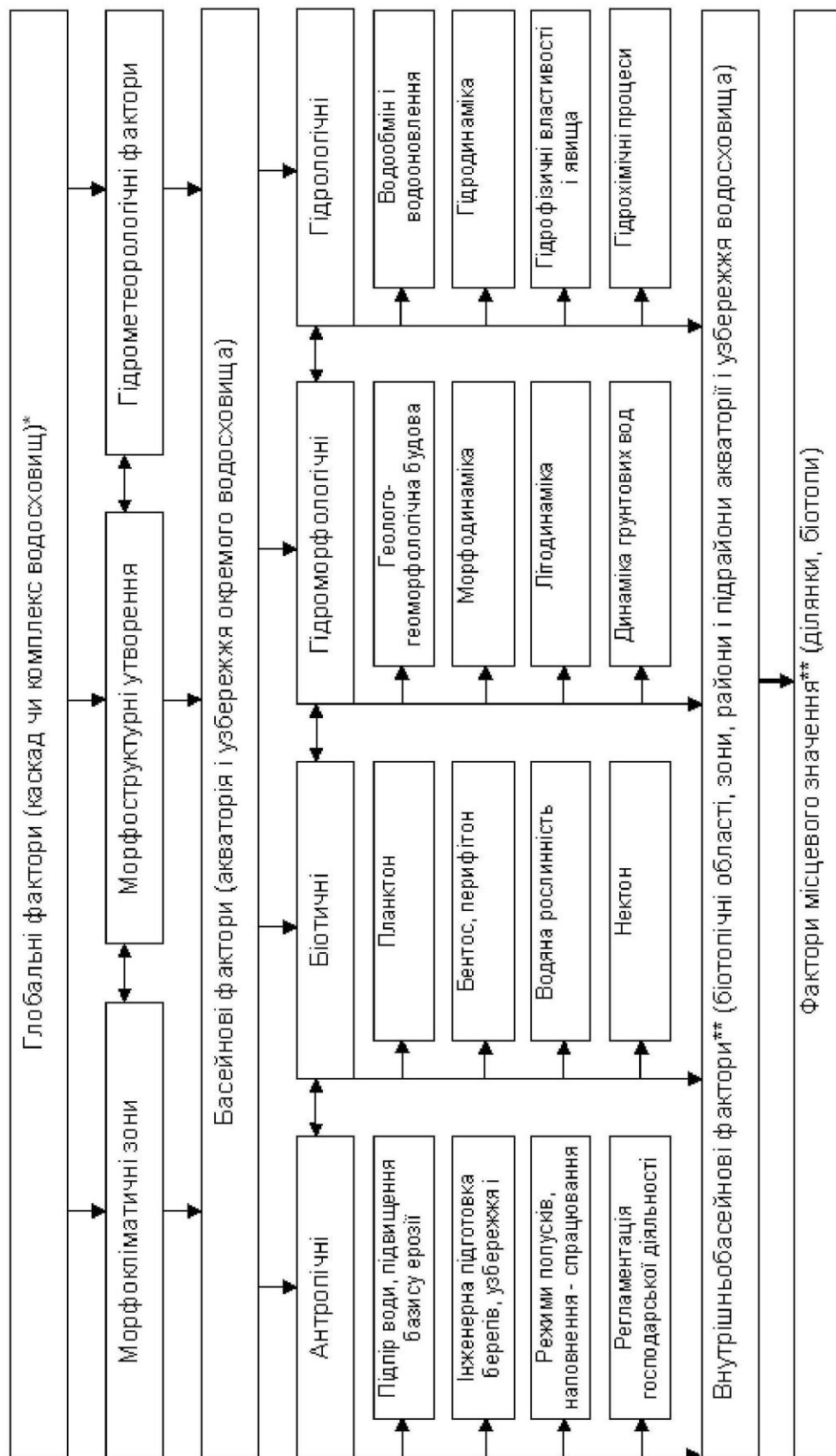
робіт. Самовідновлення природних ландшафтів відбувається на ділянках берегозахисних екосистем, створених за схемою природних аналогів [21, 22].

На сьогоднішньому етапі експлуатації каскадів водосховищ (40-60 років з часу їх утворення) можна говорити про те, що провідні абіотичні фактори формування їх екосистем визначились. На глобальному рівні (в межах каскаду водосховищ) провідну роль відіграють успадковані від річки геолого-геоморфологічні умови, на які накладається вплив природної зональності. Зазначимо, що згідно [3] певні природні зони Землі є геоекосистемами, адекватними морфокліматичним зонам. Так, згідно з еколого-геоморфологічними підходами [23, 24] каскад дніпровських водосховищ знаходиться в зонах флювіальної морфоскульптури (лісова зона) і ерозійної морфокліматичної зони (степова зона). Проявами цієї зональності, на нашу думку, є басейново-регіональні особливості еколого-гідроморфологічних факторів. Біотопічна структура екосистем водосховищ більш чутливо реагує на регіональні і місцеві особливості прояву еколого-гідроморфологічних факторів (будова долини, особливості затопленого русла, морфологія, типи рельєфу тощо). Безпосереднім відображенням цих особливостей є класифікація територій (районування і типізація) на рівні районів і підрайонів – в розрізі регіонів, біотопів – на місцевому рівні [2, 8].

Отже провідними факторами формування екосистем водосховищ є гідрологічні (водообмін, гідродинаміка, фізичні і хімічні властивості води), геолого-геоморфологічні (геологічна будова, рельєф, літодинаміка, морфодинаміка), гідрометеорологічні (сонячне випромінювання, температура і вологість повітря, опади, вітри), антропогенні або антропічні (режим експлуатації, гідроспороди, водо- і берегоохоронні заходи, меліорація мілководь) і біотичні (заростання мілководь і відмілин, евтрофікація водойм). Частина цих факторів безпосередньо впливає на біоту, обумовлюючи умови її функціонування і сукцесії (водообмін, оптичні властивості, проточність, донні ґрунти тощо), а інша частина впливає на біоту і біотопи, створюючи і видозмінюючи біотопічну структуру дна (ложа) водойм, їх берегів і прибережних територій. Такі фактори ми називаємо еколого-гідроморфологічними і відносимо до них гідродинаміку водних мас, літодинаміку наносів і морфодинаміку рельєфу, більшу частину антропогенних факторів та деякі біотичні (заростання мілководь, формування гідроморфних ландшафтів, біогенна евтрофікація глибоководних ділянок). Більшість цих факторів генетично зв'язані з утворенням водосховища і є його прямими наслідками. Вони знаходяться у прямих і обернених взаємозв'язках, створюючи складну багатофакторну систему, яка визначає екосистему водосховища (рис.1).

Як видно із рис.1 блок-схема має декілька рівнів провідних факторів та біотопічної структури їх прояву (глобальний – надбасейновий – каскади чи комплекси водосховищ; басейновий – окреме водосховище; внутрішньобасейновий – зональний, регіональний; місцевий – біотопи, ділянки). Кожному з цих рівнів відповідає певний набір (комплекс) факторів і умов, процесів і явищ, а також територій (акваторій) – областей, зон, районів, підрайонів, біотопів. Територіальні особливості прояву еколого-гідроморфологічних факторів реалізуються через районування (зонування) біотопічної структури екосистем [2].

Фактори формування екологічного стану водосховищ можна класифікувати не лише за генезисом і охопленням територій. З точки зору предмету еколого-гідроморфологічних досліджень велике значення має поділ цих факторів на активні і пасивні. Активні фактори – це рушійні сили, які безпосередньо впливають на зміни біоти і біотопічної структури екосистем. В першу чергу, це динамічні фактори переміщення наносів і перенесення енергії: гідродинаміка (хвилі, течії,



Примітки: * - в дужках наведено масштаб прояву факторів; ** - на внутрішньобасейновому і місцевому рівнях деталізуються басейнові фактори.

Рис. 1. Блок-схема провідних факторів екологічного стану великих рівнинних водосховищ

коливання рівня води), літодинаміка (седиментація, змучування, транспорт відкладів), морфодинаміка (розмив, акумуляція форм рельєфу), які призводять до переформування берегів і ложа, замулення, розселення біоти

Пасивні фактори визначають умови середовища, на які впливають активні фактори. Для ложа і берегів – це вихідна геологічна структура і рельєф затопленої водосховищем річкової долини, а для акваторії – фізичні і хімічні властивості підстильної поверхні і водного середовища.

Можна виділити і охарактеризувати провідні еколого-гідроморфологічні фактори формування біотопічної структури екосистем водосховищ (див. рис.2), які кладуться в основу районування і зонування екосистем водосховищ. У повному обсязі наведена вище блок-схема (рис.2) характерна для озероподібної частини водосховища (глибоководдя і мілкоководдя). В річкоподібній частині ця схема значно редукована – обмежені акумуляція, седиментація, хвилі, абразія, переважають донна і бокова ерозія, стокові течії, активний водообмін, переміщення водних мас.

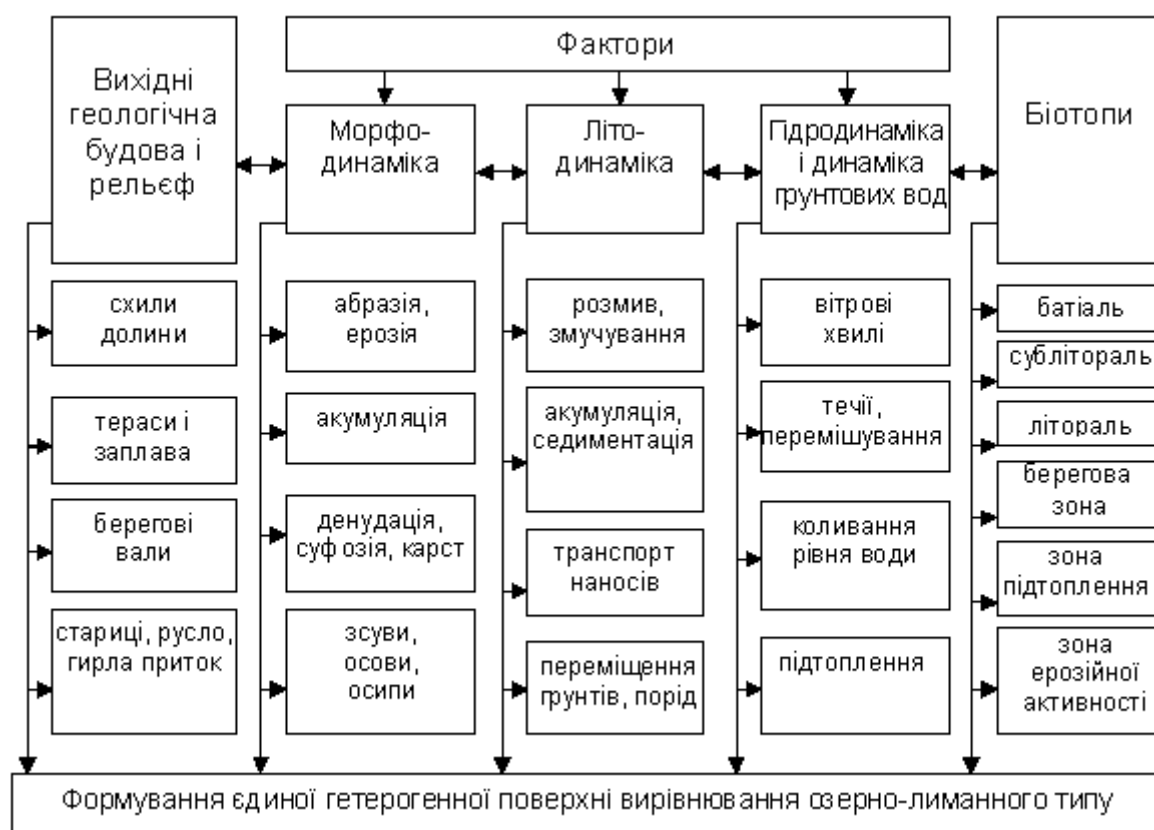


Рис.2. Провідні еколого-гідроморфологічні фактори формування біотопічної структури водосховища

Слід зазначити, що ключові (провідні) фактори, які найбільш активно впливають на біоту і екосистему в цілому, діють спільно і взаємопов'язано з іншими факторами, тому їх виділення вимагає дотримання певних процедур. При поділі екосистеми на два компоненти – біотичний і абіотичний останній можна розглядати, як середовище, в якому функціонує біота. Для водних екосистем таким середовищем є водний об'єкт разом з ложем, берегами і узбережжям, які становлять єдина ціле – комплекс біотопів і біоти. Середовище означене показниками факторів та викликаних ними процесів. Провідні дослідники

екосистем, в т.ч. водних, виділяють лімітуючі фактори середовища, в тому числі фізичні і механічні властивості підстилаючих воду ґрунтів та інші [3, 25-27].

Проблема виявлення основних лімітуючих факторів гідробіотів вже майже 50 років є предметом досліджень в Україні і за кордоном. Добре розвинені і загальнозастосовувані в гідрології та гідроекології прийоми аналізу провідних факторів і умов та їх територіальних видозмін за допомогою статистичного аналізу масивів даних (виборок), а саме факторного і кластерного аналізів в даному випадку не можна застосовувати, оскільки сам процес формування водних екосистем і значна частина факторів цього процесу є нестаціонарними, змінюються з часом і, отже, є детермінованими величинами, а значить статистичному аналізу не підлягають. Такий аналіз можна застосовувати до гідрологічних характеристик, які відзначаються стаціонарністю, тобто не залежать від часу, мають стохастичну природу і нагромаджені масиви статистичних даних (наприклад, про витрати, рівні води).

З іншого боку, на сьогодні ще немає добре апробованих фізичних моделей провідних абіотичних факторів водних екосистем, які можна було б використати на практиці. Проблема тут в тому, що, як відзначалось вище, абіотичні фактори водних екосистем взаємопов'язані між собою, тому при побудові їх фізичних моделей необхідно враховувати розмірність величин, які характеризують ці фактори. Насправді, в гідрології широко використовуються емпіричні моделі, які не враховують розмірність показників факторів, отже виключають можливість визначення вкладу цих факторів в процес формування гідроекосистем.

На сьогодні вибір провідних лімітуючих факторів формування гідроекосистем здійснюється на основі загального розвитку екологічної гідрології і практики багаторічних еколого-гідрологічних досліджень [5]. При цьому при виборі оптимальних умов виходять з того, що це такі умови, при яких сумарний ефект протікання всіх функцій водного організму (виду, популяції) є найкращим з точки зору забезпечення біологічного процвітання [25]. Оптимальні умови впливають із «закону мінімуму» Лібіха [3, 5], згідно якого при стаціонарному стані екосистеми оптимальним виявляється фактор, доступні кількості якого близькі до необхідного мінімуму. Лімітуючі умови впливають із «концепції меж толерантності» і можуть виникати як при недостатчі, так і при надлишку якого-небудь фактора середовища. По суті, лімітуючі умови для біоти – це діапазон змін факторів середовища, в межах якого біота може існувати.

Аналіз застосування «концепції меж толерантності» і «закону мінімуму» Лібіха до виявлення ключових (провідних) факторів формування водних екосистем дніпровських водосховищ [5, 7, 8] показав, що такими факторами на нинішньому етапі розвитку цих екосистем, з одного боку, є водообмін, гідродинаміка води та її фізико-хімічні властивості [5, 10], а з іншого – підвищення базису ерозії, геологічна будова і рельєф ложа, берегів і прибережних територій водосховищ, морфо- і літодинаміка форм рельєфу і наносів [7, 8].

Ще один прийом виявлення ключових (провідних) абіотичних факторів впливає з тези про те, що чим сильніше міняється елемент середовища в просторі, чи в часі, тим більше його значення для біоти [25]. За такою ознакою найважливішим інтегральним фактором для біоти і екосистеми водосховища взагалі є підвищення базису ерозії і створення водойми.

Значимість ключових (провідних) абіотичних факторів на різних водних об'єктах різна і залежить від генезису, розмірів, розташування цих об'єктів та інших причин. На каскадах чи комплексах великих рівнинних водосховищ набір ключових факторів близький, різниця в інтенсивності їх прояву залежить від природної

зональності, особливостей затопленої долини і стоку вихідної річки, експлуатаційного режиму і положення в касаді (комплексі). Але в історичному і територіальному аспектах прояви ключових факторів на водосховищах мають специфічні риси, тому необхідна ідентифікація цих факторів стосовно часу (стадії, етапу) розвитку водної екосистеми та територіальної прив'язки. Така ідентифікація також може служити для виявлення ролі даного фактора у формуванні водної екосистеми.

Іншим проявом провідних факторів розвитку екосистеми водосховищ є зонування і районування їх акваторій і прибережних територій за дією цих факторів, отже сама наявність таксонів територій уже є доказом дії певних факторів. Біотопічна структура водних екосистем є не лише наслідком просторової диференціації ключових абіотичних факторів, а і свідченням їх ідентифікації.

Особливості розвитку екосистеми водосховища. Як уже зазначалось, створення великого рівнинного водосховища, на відміну від природних об'єктів, є глибоким і раптовим втручанням в процес формування річкової долини, який призводить до значного підвищення місцевого базису ерозії, утворення в долині річки великої слабопроточної водойми, яка перерозподіляє гідрологічні процеси стоку води. Підвищення базису ерозії, порівнюючи з побутовими умовами на 10-35 м, змінює імпульсно-стабілізований природний гідрологічний режим річки на штучно стабілізований режим пропуску повеней і паводків у водосховищі, а постійна течія річки з її природними витратами води замінюється регульованими щодобовими попусками в умовах добового, тижневого і сезонного регулювання стоку води. За рахунок можливого спрацювання передповеневих робочих об'ємів водосховищ (на дніпровських водосховищах він складає близько 18 км^3 із $43,7 \text{ км}^3$ повного об'єму каскаду) можна штучно регулювати пропуски повені і паводків.

Від річки каскад водосховищ успадковує канал стоку (тобто річкову долину з руслом і терасами) і річковий стік, згідно гідрологічного режиму річки в побутових умовах. Звичайно, створення водосховищ призводить до зменшення таких параметрів гідродинамічної активності водних мас, як водообмін, проточність, швидкості стокових течій і, відповідно, переміщення водних мас, але все це відбувається переважно на озероподібних ділянках. Натомість на річкоподібних ділянках внутрішньокаскадних водосховищ під час попусків ГЕС спостерігаються значні коливання рівня і швидкості течії, що перевищують швидкості в побутових умовах у відповідні періоди року, посилюються ерозійні процеси. На озероподібних ділянках різко активізуються процеси розмиву (абразії, ерозії і денудації) берегів і ложа водосховищ, переміщення розмитого матеріалу водно-гравітаційними процесами на схилах долини і уступах терас, тальвегами приток, вздовжбереговими і поперечними вітрохвильовими течіями на відмілинах і мілководдях та стоковими течіями на глибоководдях. Сукупний ефект дії цих факторів і умов – зростання гідродинамічної активності водних мас на річкоподібних ділянках та її підтримання – на озероподібних.

На глибоководдях і відкритих мілководдях водосховищ на зміну таким річковим факторам гідродинамічної активності як проточність і пов'язана з нею турбулентність води приходять вітро-хвильові процеси. При швидкостях вітру 5-10 м/с висоти хвиль та їх довжини можуть досягати на відкритих акваторіях до 1 м і 12-14 м відповідно. Оскільки згідно розрахунків [28] взаємодія хвиль з дном відбувається при глибинах менше 0,65 їх довжини, то на дніпровських водосховищах, де середні глибини на затоплених заплавах і річкових терасах складають 4-8 м, при таких швидкостях вітру хвилювання охоплює всю водну товщу і починає змучувати донні відклади. Але суттєвий вплив хвиль на дно, як

правило, спостерігається при менших глибинах і залежить від гідравлічної крупності відкладів. Так, розмив хвилями пісків спостерігається при глибині менше 0,33 довжини хвилі. Ігнорування цього факту при проектуванні дніпровських та інших рівнинних водосховищ призвело до завищення прогнозованих темпів їх замулення і занесення. Так навіть на верхніх у каскаді Київському і Канівському водосховищах потужність мулів не перевищує 2 м, а на старіших за них Кременчуцькому і Каховському водосховищах величини замулення не більші.

Необхідно оцінити ще один важливий момент загального розвитку водних екосистем водосховищ. Відзначається [4, 5, 17, 29], що за тривалий період існування водосховищ на Дніпрі, Волзі та інших великих річках структура і функціональні особливості екосистем в основному уже сформувались і стабілізувались, визначився певний, так званий «екологічний статус» кожного з водосховищ, а їх екосистеми прилаштувались до того гідрологічного режиму, який склався під впливом природних факторів і експлуатаційного режиму водосховищ.

Наші дослідження на різних ділянках дніпровських водосховищ і вивчення матеріалів досліджень на інших великих водосховищах [4, 5, 13, 14, 17, 29] показали, що більшість із них пройшли перший етап активного формування нових екосистем – затоплення заплав, терас і схилів річкових долин, підтоплення прибережних територій, руйнування берегів і ложа, бурхливий розвиток нових уже водосховищних біотопів і біоценозів. Зараз розпочався початковий етап стабілізації процесу формування нової екосистеми, для якого характерні прогнозованість і упорядкованість розвитку, його спрямованість та інерційність.

Якщо дотримуватись географо-гідрологічної термінології, то можна сказати, що завершилась стадія молодості водної екосистеми водосховищ і зараз розпочалась стадія зрілості. Для цієї стадії характерні збільшення числа компонентів гідроекосистем і їх становлення, ускладнення взаємозв'язків, поступове затухання однонаправлених деформацій екосистеми і наростання флуктуацій меж біоценозів і біотопів на фоні їх просторової стабілізації. Тим не менше в різних частинах екосистем ще чітко проявляються нестаціонарні детерміновані зміни окремих абіотичних факторів і біоти, наприклад, різке зростання процесів заростання, «гідроморфізації мілководь» [18, 20], вирівнювання берегової лінії і ложа водойми на шляху його перетворення в гетерогенну поверхню озерно-лиманного типу, змінюються ареали донних організмів під впливом вітро-хвильових і седиментаційних процесів.

Враховуючи активні переформування біотопічної структури екосистем водосховищ і зміни біоти, які спостерігаються на даному етапі (стадії) розвитку, можна говорити лише про початок стабілізації гідроекосистем водосховищ та їх екотонів. За цих умов не можна з упевненістю стверджувати про досягнення екосистемами водосховищ певного «екологічного статусу». Тим більше, що як буде показано нижче, різні ділянки водосховищ розвиваються по-різному. Особливо це стосується тих їх ділянок, які зазнають значного антропогенного впливу в межах міст. Як показали наші дослідження екологічного стану верхів'їв Київського, Канівського і Кременчуцького водосховищ, водні екосистеми тут двічі були докорінно змінені: спочатку внаслідок створення водосховищ на р.Дніпро, а потім уже в наш час – в зв'язку з антропогенним навантаженням. На нашу думку мова зараз повинна йти не про збереження чи відтворення цих екосистем, або про їх стабілізацію природним шляхом, а навпаки – про створення (моделювання) нових водних урбоекосистем натомість втраченим. Можна припустити, що етап стабілізації екосистем водосховищ може тривати при збереженні експлуатаційного режиму сотні років, оскільки такий період необхідний для формування рівноважної

гетерогенної поверхні ложа і берегів водосховища, без якої неможлива дисипація енергії і маси наносів на підстильній поверхні біотопічної структури, а значить стійкість в часі і просторі ареалів і різновидів біоти.

Закономірності формування сучасних біоценозів водосховищ контролюються гідродинамічними стаціонарними процесами. Тривалість проміжків часу, протягом яких ці процеси можна вважати стаціонарними, тобто такими, характеристики яких не залежать від часу і коливаються навколо якихось певних величин, а отже є знаковмінними, складає 30-50 років, що близько до сучасних sukcesій рослинних і тваринних угруповань водосховищ, а також до строків експлуатації дніпровських водосховищ. Отже, гідродинамічні процеси в акваторіях водосховищ можна вважати протягом цього часу стаціонарними, близькими до середньорічних характеристик.

Для оцінки стану і прогнозу розвитку водних екосистем та їх екотонів на триваліші проміжки часу (більше 50 років) необхідно залучати до аналізу нестационарні процеси, які визначаються морфо- і літодинамічними та гідроморфологічними факторами і умовами. Реалізація такого підходу відкриває можливості моделювання і прогнозування розвитку водних екосистем. Тим більше, що в останні десятиліття помітною стала тенденція до глобального потепління, що безумовно вже позначається на стаціонарності всіх гідродинамічних процесів (включаючи водообмін, гідродинаміку води, її фізико-хімічні властивості) та на середніх характеристиках і оцінках цих процесів. Очевидно, що є нагальна необхідність уточнення оцінок водного середовища та перерахунок характеристик (параметрів) гідродинамічних умов і факторів для нинішнього стану потепління клімату і викликаних ним змін в атмосфері і гідросфері.

Як видно з викладеного вище аналізу провідних (ключових) факторів екосистем водосховищ і загальної історії їх розвитку цю історію можна поділити на два етапи (стадії): молодості і зрілості. Корінна відмінність між цими етапами в темпах розвитку різних складових біотичної і функціональної структури екосистем, а також у факторах, векторах і наслідках цього розвитку. Відповідно цьому треба більш точно деталізувати фізико-математичні моделі розвитку окремих компонентів екосистем водосховищ на різних етапах. Загальний нестационарний процес розвитку екосистеми водосховища можна представити у вигляді стохастичної моделі:

$$X = \bar{X} + X'_F, \quad (1)$$

де $\bar{X}$ - детермінована функція певного аргументу (показника фактора), що змінюється з часом $\bar{X} = f(t)$ – однонапрямлена деформація (тренд); X'_F - випадкова функція значень X_i , які не залежать від часу і коливаються навколо якогось значення $\bar{X}$.

На стадії молодості, коли після підняття рівня води і заповнення чаші водосховища на місці річки починає формуватися екосистема водосховища, однонапрямлені деформації різко переважають над знаковмінними. Потенціальна енергія рельєфу і води велика і швидко перетворюється в кінетичну енергію процесів формування нового ложа, берегів і узбережжя водосховища. Деформації на цій стадії нестабільні і нестійкі, амплітуда показників процесів змінюється в часі і просторі. Для цієї стадії характерні значні величини переробки берегів, замулення дна, заростання мілководь, розвитку планктону тощо. З позицій застосування системного аналізу в екології [30] найкращою моделлю перших стадій процесів формування екосистем буде експоненціальна модель, яка в диференціальній формі має такий вигляд:

$$\frac{dy(t)}{dt} = ry(t), \quad (2)$$

де y - густота, частота, кількість або площа показника розвитку екосистеми на момент часу t ; r - константа; $\frac{dy(t)}{dt}$ - приріст чи швидкість росту, пропорційні показнику y . Такими процесами є, наприклад, заростання мілководь (площа приросту заростей за рік пропорційна їх загальній площі), що підтверджується фактичними даними спостережень за процесами заростання мілководь. Такі моделі описують ті показники елементів екосистеми, ріст яких обмежений, в даному випадку вітро-хвильовими процесами і глибинами води.

Інтегруючи рівняння (2) на проміжку першої стадії $(0, T)$, де T становить близько 10 років маємо:

$$dy = rydt; \int dy = \int rydt; \int \frac{dy}{y} = \int rdt; \ln y = rt + c; y = e^{rt+c}; y = y_0 e^{rt},$$

де $y_0 = e^c$ - густота (частота, кількість, площа) показника розвитку екосистеми (на початку процесу - $t = t_v = 0$, при $y = y_0$). Якщо $t \rightarrow \infty$, то $e^{rt} \rightarrow \infty$ і $y \rightarrow \infty$.

Для стадії стабілізації розвитку екосистеми водосховища краще застосовувати математичні моделі параболічного типу:

$$\frac{dy}{dt} = ay - by^2, \quad (3)$$

де y - густота (кількість) показника в момент часу t ; a, b - константи; $\frac{dy}{dt}$ - приріст показника в момент часу t (швидкість зростання).

Розв'язання рівняння (3) має вигляд:

$$dy = (ay - by^2)dt; y = \frac{a/b}{1 + y_0 e^{-a(t-t_0)}},$$

де: y_0 - густота (кількість) показника в момент часу t_0 на початку розвитку екосистеми - $t = t_0 = 0$ при $y = y_0$.

Особливість цієї моделі в тому, що спочатку моделюється експоненціальний характер розвитку екосистеми на першій стадії, а на другій стадії процес уповільнюється із-за вичерпання енергетичних або мінеральних ресурсів і наближається до стадії рівноваги, тобто до знакозмінних деформацій при близькому до нуля тренді. Модель при цьому наближається до асимптоти – до $y = a/b$ [30].

Для дослідження формування берегів і ложа великих рівнинних водосховищ подібні моделі були розроблені ще в 70-80-х роках XX століття [31, 32]. Аналіз застосування таких моделей для дослідження розвитку біотопічної структури водних екосистем показав їх перспективність.

Стадіальні особливості розвитку водосховищ. Гідроморфологічні умови і фактори екосистем водосховищ, взаємодіючи з гідродинамічними факторами, визначають інерційність і спрямованість розвитку водних екосистем, їх стадіальні і типологічні особливості. З іншого боку, виразом такої взаємодії є поділ екосистем водосховищ на регіональні таксони (області, плеса, райони, підрайони, ділянки, біотопи), а також на зональні утворення вздовж і впоперек осі водосховища: в акваторії – прибережна зона (еулітораль), сублітораль і профундаль та на узбережжі – зони: берегова, підтоплення земель, ерозійної активності [2, 7].

В географічній науці склалось уявлення про розвиток географічних об'єктів, в даному випадку – водних, як послідовну зміну стадій: юності (бурхливого, стрімкого зародження), молодості чи зрілості (повільно прогресуючої стабілізації, становлення), старості чи дряхлості (сповільнення, прогресуючої стагнації, поступового переходу до іншого стану, виду, форми). Такі ж, чи подібні уявлення про періодизацію розвитку водної біоти (етапи, сукцесії) склались в гідроекології.

Створення великих водосховищ і намагання знайти аналогічні їм водні об'єкти позначилось і на періодизації розвитку водосховищ. Так В.М.Шмаков [12] розвиток водосховищ вписав в лінію розвитку річки. Великі рівнинні водосховища створюються на річках, які знаходяться на стадії зрілості. Характерні ознаки такої стадії – це перевага бокової ерозії над глибинною і відповідно – розширення річкової долини над її врізом, формування меандр, зменшення впливу на екосистему річки гідроморфологічних процесів і збільшення впливу біологічних. Після вироблення профілю рівноваги за Шмаковим [12] повинна наступати стадія дряхлості річки.

Створення водосховища на річці на стадії зрілості її екосистеми означає стрес для цієї екосистеми. Після нетривалої перерви тривалістю 30-50 років, викликаній становленням екосистеми водосховища на місці річки, далі продовжується, на думку В.М.Шмакова [12], процес перетворення водосховища в болото. Замулюється дно, інтенсифікуються процеси заростання, утворюються спливини (зибуни) спочатку на мілководдях, а потім і на глибоководдях. Інтенсифікація гідробіологічних процесів спочатку чітко проявляється на мілководдях великих рівнинних водосховищ у верхів'ях каскадів (Рибінське на Волзі, Київське на Дніпрі), а потім процеси гідроморфізації поширюються на весь каскад. Такі явища уже спостерігаються на Волзькому і Дніпровському каскадах, що неодмінно повинно враховуватись при плануванні функціонування водосховищ.

Гідроекологи [4, 5], гідротехніки [33] та інженери-геологи [34], виходячи з подібності (аналогії) між великими рівнинними водосховищами і лиманами Дніпра, Дністра, вважають, що в перспективі водосховища можуть перетворитися в озероподібні водойми, схожі на причорноморські лимани. Для такої думки є ґрунтовні підстави. Лимани, як і водосховища, займають затоплені долини річок і пропускають їх стік згідно із сформованим гідрологічним режимом. Вони є озероподібними водоймами з глибоководдями (профундаллю) і береговими мілководдями (літораллю). До лиманів прилягають дельти річок і річкоподібні ділянки видозмінених русел.

На сьогодні на дніпровських водосховищах продовжується перехідний етап від бурхливої стадії юності до стадії стабілізації, формуються складові частини водних екосистем водосховищ. Але різні частини водосховищ розвиваються по різному.

Найшвидше іде процес розвитку мілководної зони. Провідні абіотичні фактори тут – це замулення і занесення ложа, водообмін при щодобових попусках

і сезонних пропусках води, на другому плані – течії в межах затоплених русел і стариць та хвилі – на окраїнних відкритих акваторіях. Провідний біотичний фактор – формування угруповань повітряно-водної і водної рослинності. В останні роки процеси формування мілководних екосистем активізувались, в першу чергу, за рахунок інтенсифікації біотичного фактора – заростання акваторій і островів та замулення і занесення їх мінеральними (наноси) та органічними (рештки рослинності) осадами. Ці фактори на стадії стабілізації мілководь є ключовими, їх наслідками є гідроморфізація мілководь [20], перетворення їх у дельти [18, 30]. В найближчій перспективі слід очікувати посилення названих вище ключових факторів формування водних екосистем мілководь на шляху їх перетворення на водно-болотні угіддя. Уже зараз необхідно або відшнурувати мілководдя і провести їх меліорації в цілях рекреації, оздоровлення, риборозведення (в межах населених пунктів) чи для організації природно-заповідного фонду водно-болотних угідь (за межами міст). Заходи щодо підвищення водообміну і проточності на цих ділянках можуть лише затримати їх гідроморфізацію, але не зупинити її.

Найкраще збереглась річкова екосистема у верхів'ях водосховищ на річкоподібних ділянках, як це і передбачалось проектами водосховищ та правилами їх експлуатації [35]. Окрім ключових факторів річкових екосистем (інтенсивний водообмін і проточність, ерозійно-аккумулятивні процеси, будова русла і заплави, режим стоку тощо), які дістались річкоподібній ділянці водосховища в спадщину, тут з'явилися такі нові провідні фактори, як щодобові коливання рівня води нижче ГЕС на 1-2 м, попуски і прискорення течій води в затопленому руслі річки (на внутрішньокаскадних водосховищах). Завдяки імпульсно-стабілізованому щодобовому характеру впливу цих факторів, екосистема річкоподібної ділянки діє в режимі підпорожистих ділянок річок, тому і через 50 років експлуатації водосховищ вона знаходиться на стадії активного формування біотопів русла і заплави та їх біоти. Ця стадія може продовжуватись протягом усього періоду експлуатації водосховища. Вплив на біоту цієї ділянки можна здійснювати за рахунок попусків і пропусків води, та опосередковано, регулюючи біотопічну структуру за допомогою гідротехнічних споруд і агро-лісомеліоративних заходів на узбережжі.

Глибоководна озероподібна ділянка водосховища найбільш наближена до природних аналогів – озер і лиманів. На цій ділянці провідну роль у формуванні екосистеми акваторії відіграє водообмін, обумовлений сезонними коливаннями рівня води і вітро-хвильовими процесами. Добові коливання рівня води і стокові течії в зв'язку з їх незначними величинами відіграють підпорядковану роль як абіотичні фактори.

На відміну від озер і лиманів на озероподібних ділянках водосховищ іде активне формування ложа і берегів під впливом абразійно-аккумулятивних процесів (хвилі і течії). Найбільш яскраво ці процеси виражені в межах берегових мілководь (літоралі – на озерах і лиманах, еуліторальної зони – на річках) [4], де завдяки хвилям та хвильовим вздовжбереговим і поперечним течіям наносів відбувається процес вирівнювання берегової лінії – абразійне зрізання мисів і занесення наносами заток, гирл приток і балок. Берегова лінія разом з береговими відмілинами на всіх дніпровських і волзьких водосховищах уже пройшла стадію активного переформування (абразії), сформувались динамічні абразійно-аккумулятивні системи берегів, де процеси розмиву, транспорту і акумуляції наносів взаємопов'язані, що обумовлює сучасне абразійно-аккумулятивне вирівнювання новосформованих берегових відмілин – літоралей (друга стадія). Процес формування їх екосистем стабілізувався, однак проходить він дуже

нерівномірно. Так, на берегах, складених піщаними і супіщаними відкладами, сформувались щитовидні відмілини, в гирлах заток і приток – коси, пересипи, а на мисах – стрілки, що в цілому свідчить про перехід цих ділянок до наступної третьої стадії – абразійно-аккумулятивного розчленування (аккумулятивні миси, абразійні затоки, тоді як на попередніх стадіях було навпаки). На берегах, складених глинами, лесами, суглинками, формування берегових літоралей ще знаходиться на перших двох стадіях – абразійного і абразійно-аккумулятивного вирівнювання.

Озероподібні ділянки водосховищ можуть тривалий час поступово, шляхом вирівнювання підстильної гетерогенної поверхні профундалі і берегової лінії літоралі, формуватись в напрямку естуарних озероподібних частин лиманів. Теоретично можна, звичайно, припустити, що з часом ці озероподібні ділянки шляхом гідроморфізації перетворюються у водно-болотні ландшафти, однак на причорноморських лиманах України такого явища не спостерігається. Зазначимо, що ми вважаємо за еколого-гідроморфологічними ознаками Дніпровсько-Бузький лиман є «нормальним» естуарієм типу «затопленої долини» [36, 37].

Водоохоронна зона водосховища, як уже неодноразово зазначалось в наших роботах [7, 38], об'єднує зони впливу водосховища на прилеглу сушу. До неї входять зони: формування (переробки) берегів водосховища і його приток; підтоплення прилеглих до водосховища земель; ерозійної активності. Утворення цих зон пов'язане з підвищенням рівня води при заповненні водосховища. За екологічною сутністю водоохоронна зона є прибережним екотонем водосховища, тобто екосистемою перехідного типу між екосистемами водойми і прилеглої суші. Водночас, як показують еколого-гідроморфологічні дослідження водоохоронних зон [38], для них характерні специфічні провідні еколого-гідроморфологічні фактори і структурно-функціональні особливості біотопічної структури.

Найбільш чітко водоохоронні зони ідентифікуються вздовж глибоководної озероподібної частини водосховища, бо тут вплив водойми на прилеглі ділянки суші найбільший, оскільки величини підвищення базису ерозії і, відповідно, глибини затоплення і підтоплення земель тут найбільші, а сама водоохоронна зона виникає заново. Натомість навколо річкоподібної ділянки водоохоронна зона практично ідентична такій же зоні річки в побутових умовах.

На ділянках поширення мілководь водосховища у зв'язку зі значними сезонними коливаннями рівня, а, значить, і урізу води та утворенням осушених ділянок, прибережний екотон може мігрувати, якщо дотримуватись тих визначень водоохоронної зони, які внесені у водне і земельне законодавств України. Внутрішня, акваторійна межа водоохоронної зони визначається при рівні води в межень, тобто при рівнях мертвого об'єму, а отже при рівнях пропуску повені (форсовані і нормальні підпірні рівні) та навігаційного періоду, який співпадає з періодом вегетації (рівні навігаційного спрацювання) значна частина водоохоронної зони буде затоплена, перетворена в мілководну зону водосховища і втратить своє водоохоронне значення. Найбільш тривалим стоянням рівнів води на водосховищах є літньо-осіннє, яке за часом близьке до вегетаційного періоду і періоду активності водного нектону, тому ми акваторійну межу прибережного екотону встановлюємо за рівнем навігаційного спрацювання, відносячи зони осушки до акваторії водосховища.

Специфічна особливість прибережного екотону – накладання зон переробки берегів, підтоплення земель та ерозійної активності одна на одну біля урізу води, а в бік суші найбільше поширюється зона ерозійної активності, потім – зона підтоплення, найвужча – зона переробки берегів.

Провідні фактори формування різних зон прибережного екотону впливають

уже з їхніх назв. Для берегової зони – це вітро-хвильові процеси і викликані ними вздовжберегові течії у поєднанні зі стоковими течіями – з боку акваторії та водно-гравітаційні процеси – з боку суші (зсуви, обвали, осови, осипи та ін.). У місцях виходів ґрунтових вод останні процеси активізуються – зона підтоплення впливає на берегову зону. Для зони підтоплення провідними факторами є коливання рівня ґрунтових вод і обумовлена ними трансформація ґрунтово-рослинного покриву з утворенням ділянок затоплення, підтоплення, заболочування земель. У зоні підвищеної ерозійної активності основну роль відіграють процеси активізації площинного і лінійного врізів, пов'язані з підвищенням місцевих базисів ерозії.

Для всіх трьох зон прибережного екотону на Дніпровських водосховищах є характерним завершення першої стадії активного формування, відбувається поступова їх стабілізація. На берегових уступах це проявляється у поступовому виположуванні і задерновуванні, на підтоплених ділянках завершилося формування кривих підпору і стабілізується ґрунтово-рослинний покрив, в зоні ерозійної активності сформувалися профілі схилів і йде їх поступове виположування. Враховуючи новизну екосистемного аналізу водоохоронної зони водосховищ, питання її формування і подальшого розвитку вимагають окремого розгляду.

В цілому, слід зазначити, що біотопічна структура екосистем водосховищ і функціональна роль її складових з часом змінюються, що обумовлює необхідність періодично, через 15-20 років переглядати цю структуру і її функції.

Висновки:

1. Водосховища є унікальними водними об'єктами і в цілому не мають аналогів серед інших водних об'єктів, хоча окремі елементи їх біотопічної структури відповідають річковим і озерним водним екосистемам. Кожне водосховище успадковує від річки, на якій воно створене, річкову долину і режим водного стоку.

2. Водосховища розвиваються як нестаціонарні водні екосистеми, для яких характерні спрямованість, наявність інерційних циклів, однонаправлених і знакозмінних деформацій. Розвиток екосистем поділяється на етапи (стадії), для кожного з яких характерний певний набір провідних (ключових) факторів. З позицій системного аналізу розвиток водних екосистем можна розділити на два етапи: перший етап інтенсивного формування екосистеми – за експоненціальним законом і другий етап поступової стабілізації формування – за параболічним законом. Третій етап – стагнації формування на екосистемах водосховищ ще не наступив.

3. Екосистема великого рівнинного водосховища поділяється на екосистеми другого порядку: водну екосистему (акваторію) і прибережний екотон. В свою чергу, водна екосистема містить річкоподібну і озероподібну області. Остання поділяється на зони: мілководну (мілководно-осушну) – літораль, глибоководну – профундаль і перехідну між ними – сублітораль. Прибережний екотон (водоохоронна зона) поділяється також на три зони: берегову, підтоплення, ерозійної активності. Кожній із цих зон відповідає певний гіпсометричний рівень, разом вони утворюють східчасту біотопічну структуру екосистеми водосховища. Зона мілководь і водоохоронна зона утворюють ландшафтні екотони, оскільки відзначаються певними природними комплексами.

4. Кожний гіпсометричний рівень екосистеми водосховища відзначається відмінними особливостями розвитку (стадіями, етапами) і провідними (ключовими) факторами. Крім того, кожний період розвитку екосистеми водосховища відзначається різною сформованістю її частин, що в цілому забезпечує її стійкість і біорізноманіття (принцип емерджентності).

5. Враховуючи своєрідність водосховищ як водних об'єктів і недостатню сформованість методичної бази для їх вивчення вважаємо за доцільне застосування підходів, розроблених в географічних і геологічних науках, а саме історико-генетичного і структурно-функціонального аналізу провідних еколого-гідроморфологічних факторів та біотопічної структури водних екосистем. Застосування названих видів аналізу на дніпровських водосховищах показало їх актуальність.

6. Уже зараз є нагальна необхідність прискорити стабілізацію, прогнозованість розвитку екосистеми водосховища. Основні заходи для цього – управління екологічним станом акваторій і прибережних територій. На акваторіях необхідно удосконалювати регулювання попусків і пропусків води, прискорити «гідроморфізацію» мілководь шляхом їх віддамбування, водо- і берегоохоронними заходами, регламентацією господарської діяльності унеможливити забруднення води і занесення ложа, забезпечити захист від шкідливої дії вод тощо. Всі ці заходи повинні проводитись з урахуванням описаних вище стадій (етапів) розвитку окремих частин водосховищ та провідних абіотичних факторів,

Список літератури

1. Дубняк С.С. Еколого-гідроморфологічні підходи до ідентифікації великих рівнинних водосховищ за допомогою природних аналогів / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2 (29). – С.6-19.
2. Дубняк С.С. Аналіз існуючих підходів до районування водосховищ та пропозиції по його удосконаленню / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія, 2001. – Т.2. – С.295-302.
3. Одум Ю. Основы экологии / Ю.Одум. – М.: Мир, 1975. – 742 с.
4. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии: Підручник / В.Д.Романенко. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.
5. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М.Тимченко. – Киев: Наук. думка, 2006. – 383 с.
6. Дубняк С.С. Эколого-гидрологический подход к определению границ мелководий на водохранилищах / С.С.Дубняк // Гидробиол. журн. – 1996. – 32. №5. – С.102-107.
7. Дубняк С.С. Основні положення еколого-гідроморфологічного напряму досліджень екосистем крупних рівнинних водосховищ / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – Т.14. – С.62-74.
8. Дубняк С.С. Гідродинаміка мілководь дніпровських водосховищ, її екологічна роль: Автореф. дис. канд. геогр. наук. / С.С.Дубняк. – К.: КНУ імені Тараса Шевченка, 1997. – 18 с.
9. Буторин Н.В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада / Н.В.Буторин. – Л.: Наука, 1969. – 320 с.
10. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья / В.М.Тимченко. – Киев: Наук. думка, 1990. – 240 с.
11. Шмаков В.М. Гидролого-экологические аспекты некоторых последствий возведения каскада водохранилищ на Днепре / В.М.Шмаков // Деп. в ВИНТИ 07.05.86 г., №3317-B86. – Киев, 1986. – 13 с.
12. Яцык А.В. Гидроэкология / А.В.Яцык, В.М.Шмаков. – Киев: Урожай, 1992. – 192 с.
13. Авакян А.Б. Водохранилища – новые географические объекты / А.Б.Авакян // Гидрология и русловые процессы. – 1998. – Вып.5. – С.6-15.
14. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ / Ю.М.Матарзин. – Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2003. – 296 с.
15. Фащевский Б.В. Основы экологической гидрологии / Б.В.Фащевский. – Минск: Экоинвест, 1996. – 240 с.
16. Zalewski M. Conceptual background / Ecohdrology: a new paradigm for the sustainable use of aquatic resources / M.Zalewski, G.A.Janauer, G.Jolankai // Paris: Int. Progr. UNESCO, 1997. – Technical Document in Hydrology 7.
17. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду // Под ред. Г.В.Воропаева, А.Б.Авакяна. – М.: Наука, 1986. – 368 с.
18. Дубняк С.С. Сучасний стан та перспективи використання мілководних зон дніпровських водосховищ / С.С.Дубняк // Наук. зб. «Забезпечення сталого функціонування та дотримання природно-екологічної рівноваги дніпровських водосховищ». – К.: Оріяни, 2003. – С.68-75.
19. Дубняк С.С. Оцінка водного режиму і пропускної здатності верхньої ділянки Канівського водосховища в умовах інтенсивної урбанізації / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2004. – Т.6. – С.145-158.
20. Стародубцев В.М. Формування нових дельт у дніпровських водосховищах /

В.М.Стародубцев, В.А.Богданець, О.В.Томченко та ін. // Водні ресурси, проблеми раціонального використання, охорони та відтворення. Мат-ли 3-ї наук.-практ. конференції. 21-25 червня 2010, м.Коктебель. – 2010. – С.39-41. **21. Дубняк С.С.** Екологічні особливості систем берегозахисту на великих рівнинних водосховищах / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. – 2010. – Т.3(20). – С.29-42. **22. Зуб Л.М.** // Споруди берегоукріплення дніпровських водосховищ як резервати біотичного різноманіття гідробіонтів / Л.М.Зуб // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. – 2010. – Т.3(20). – С.238-242. **23. Ковальчук І.П.** Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / І.П.Ковальчук. – Львів: Заповіт, 1997. – 438 с. **24. Стецюк В.В.** Основи екологічної геоморфології: навчальний посібник / В.В.Стецюк, Ю.А.Сілецький. – КНУ імені Тараса Шевченка, 2000. – 350 с. **25. Константинов А.С.** Общая гидробиология / А.С.Константинов. – М.: Высш. шк., 1972. – 472 с. **26. Хендерсон-Селлерс Б.** Инженерная лимнология / Б.Хендерсон-Селлерс. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 212 с. **27. Хатчинсон Д.** Лимнология / Д.Хатчинсон. – М.: Прогресс, 1969. – 355 с. **28. Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях.** – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 535 с. **29. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ** / [Л.А.Сиренко, И.Л.Корелякова, Л.Е.Михайленко и др.]. – К.: Наук. думка, 1989. – 256 с. **30. Джеферс Дж.** Введение в системный анализ: применение в экологии: Пер. с англ. / Дж.Джеферс. – М.: Мир, 1981. – 256 с. **31. Дубняк С.А.** Схема геодинамического районирования равнинных водохранилищ / С.А.Дубняк, А.В.Кулачинский, Т.В.Круль, В.А.Орлова // Сб. «Актуальные проблемы водохозяйственного строительства». – К.: Урожай, 1976. – С.1-5. **32. Максимчук В.Л.** Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ / В.Л.Максимчук. – К.: Будивельник, 1981. – 112 с. **33. Пышкин Б.А.** Динамика берегов водохранилищ / Б.А.Пышкин. – К.: Наук. думка, 1973. – 413с. **34. Розовский Л.Б.** Введение в теорию геологического подоби́я и моделирования / Л.Б.Розовский. – М.: Недра, 1969. – 126 с. **35. Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду** / [А.В.Яцик., А.І.Томільцева та ін.]. – К.: Генеза, 2003. – 176 с. **36. Днепро́вско-Бу́гская эстуарная экосистема** / [В.Н.Жукинский, Л.А.Журавлева, А.И.Иванов и др.]. – К.: Наук. думка, 1989. – 240 с. **37. Pritchard D.** What is an estuary: physical view point Estuaries / D.Pritchard // Amer. Assos. Adv. Sci. – 1967. – N83. – P.3-5. **38. Дубняк С.С.** Водоохоронні зони водних об'єктів: екосистемні підходи до встановлення і впорядкування / С.С.Дубняк // «Зелена» економіка: перспективи впровадження в Україні». Мат. міжнар. конф. (Київ, 24-25 квітня 2012 р.): У 3-х т. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2012. – Т.1. – С.155-159.

Засади історико-генетичного та структурно-функціонального аналізу біотопічної структури великих водосховищ

Дубняк С.С.

В статті розглянуто історико-генетичний і структурно-функціональний підходи до вивчення просторово-часових особливостей провідних чинників формування біотопічної структури водосховищ. На прикладі дніпровських водосховищ показана актуальність і необхідність таких підходів при еколого-гідроморфологічному аналізі їх екосистем. Дано рекомендації з теоретичного та практичного застосування отриманих результатів досліджень.

Ключові слова: водосховище, екосистема, біотопічна структура, провідні фактори, структурно-функціональний аналіз, історико-генетичний аналіз.

Основы историко-генетического и структурно-функционального анализа биотопической структуры крупных водохранилищ

Дубняк С.С.

В статье рассмотрены историко-генетический и структурно-функциональный подходы к изучению пространственно-временных особенностей ведущих факторов формирования биотопической структуры водохранилищ. На примере днепровских водохранилищ показана актуальность и необходимость таких подходов при эколого-гидроморфологическом анализе их экосистем. Даны рекомендации по теоретическому и практическому применению полученных результатов исследований.

Ключевые слова: водохранилище, экосистема, биотопическая структура, ведущие факторы, структурно-функциональный анализ, историко-генетический анализ.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.4(35)

Basis of historical-genetic and structural-functional analysis of the large reservoirs biotopic structure

Dubnyak S.S.

The article deals with the historical-genetic and structural-functional approaches to the study of spatio-temporal characteristics of the leading factors in the formation of the biotopic structure of reservoirs. On the example of the Dnieper reservoirs the relevance and necessity of such approaches to eco-hydro-morphological analysis of their ecosystems are shown. Recommendations on the theoretical and practical application of research results are provided.

Keywords: reservoir, ecosystem, biotopic structure, leading factors, structural-functional analysis, historical-genetic analysis.

Надійшла до редколегії 11.11.2014

УДК 556.16.06

Шакірзанова Ж.Р.

Одеський державний екологічний університет

ЭФЕКТИВНОСТЬ ТЕРИТОРИАЛЬНО-ЗАГАЛЬНОГО МЕТОДА ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК УКРАЇНИ

Ключові слова: довгострокові прогнози, зміна водного режиму весняного водопілля, оцінка прогностичної методики

Вступ. Прогнозування висоти максимумів та об'єму стоку весняних водопіль може суттєво скоротити розміри негативних наслідків і отримати соціально-економічний ефект. Актуальність роботи обумовлена необхідністю прогностичного забезпечення гідрологічними характеристиками весняного водопілля річок, у тому числі і недостатньо вивчених у гідрологічному відношенні. Така задача вирішується при складанні територіально-загальних довгострокових прогнозів.

До числа об'єктів дослідження віднесені басейни річок рівнинної території України – правобережжя Прип'яті, Десни, середніх та нижніх приток Дніпра, Сіверського Дінця, Південного Бугу, річок Північно-Західного Причорномор'я.

Вихідні передумови і мета роботи. Розроблений авторами [1-3] метод територіально-загальних довгострокових прогнозів гідрологічних характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок України базується на використанні багаторічних рядів спостережень за гідрометеорологічними факторами і стоковими величинами водопілля (як щорічних, так і середньобагаторічних). Тривалість розрахункового періоду обумовлена наявністю спільних спостережень за стоком води, метеорологічними і агрометеорологічними чинниками водопілля (з 1966 р. по 2000 рр.)

Критерії оцінки якості та ефективності методики територіальних довгострокових прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок України (за даними 70 опорних гідрологічних створів) відповідають діючим у прогностичній практиці вимогам, а сама методика рекомендована до її використання в оперативній роботі відповідних підрозділів для випуску щорічних прогнозів гідрологічних характеристик весняного водопілля.

Проте в останні роки спостерігаються зміни кліматичних умов формування весняних водопіль в басейнах річок досліджуваної території, що виражається у підвищенні температури повітря зимових місяців і, як наслідок, суттєвому зменшенні глибини промерзання ґрунтів (як фактора втрат води на поглинання ґрунтом) та снігонакопичення на водозборах. Це призводить до змін водного

режиму весняного водопілля – наявності направлених багаторічних тенденцій до зменшення як шарів стоку, так і максимальних витрат води водопілля.

За таких гідрометеорологічних умов постає задача оцінки ефективності територіально-загального методу довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля річок рівнинної території України в сучасний період по вихідних матеріалах, що не використовувалися при розробці методики прогнозу (до 2010 року).

Виклад основного матеріалу дослідження. Науковий метод територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля рівнинних річок базується на територіально-загальних залежностях шарів стоку чимаксимальних витрат води від сумарних запасів вологи, що приймають участь у формуванні весняного стоку – максимальних снігозапасів та дощових опадів, виражених у безрозмірних комплексах [1-3]:

- для шарів стоку

$$\frac{Y_m}{Y_0} = f\left(\frac{S_m + X_1 + X_2}{S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}}\right) \text{ чи, що те ж саме } - k_Y = f(k_X) \quad (1)$$

- для максимальних витрат води

$$\frac{q_m}{q_0} = f\left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}}\right) \text{ або } k_q = f(k_X) \quad (2)$$

де k_Y - модульний коефіцієнт шарів стоку весняного водопілля (Y_m і Y_0 - шар весняного стоку та його середньобагаторічна величина, мм); k_q - максимальний модульний коефіцієнт весняного водопілля (q_m і q_0 - максимальний модуль весняного водопілля та його середньобагаторічна величина, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$); k_X - модульний коефіцієнт сумарного надходження води на водозбір у період весняного водопілля: S_m , X_1 та X_2 - максимальний запас води в сніговому покриві, опади періоду танення снігу та спаду весняного водопілля, мм; S_0 , X_{1_0} та X_{2_0} - відповідно їх середньобагаторічні значення, мм.

В основу побудови залежностей для прогнозу шарів весняного стоку та максимальних витрат води покладено типізацію водопілля за їх водністю (багато-, середньо- чи маловодну) за допомогою багатовимірної статистичної моделі – дискримінантної функції, яка враховує комплекс гідрометеорологічних факторів, що впливають на формування весняного водопілля на річках [4-6].

Перевірка надійності обраних вектор-предикторів виконувалась шляхом неодноразової дискримінації груп років (ситуацій), близьких за умовами формування весняного стоку. При цьому в межах рівнинної території України були одержані рівняння дискримінантних функцій DF у вигляді [2]:

для правобережної частини території

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{Q_{нв}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}; \quad (3)$$

для лівобережної частини території

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}. \quad (4)$$

В формулах (3) і (4): $A(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4)$ - вектор коефіцієнтів дискримінантної функції; вектор ознак (вектор-предиктор): індекс зволоження ґрунтів (у модульних

коефіцієнтах), де $k_{Q_{нв}} = Q_{нв} / (Q_{нв})_0$ – середньомісячні (декадні) витрати води перед початком весняного водопілля або $k_{q_{09-01}} = q_{09-01} / (q_{(09-01)_0})$ – середні модулі стоку з вересня попереднього по січень поточного років; $k_L = L / L_0$ – модульні коефіцієнти максимальних глибин промерзання ґрунтів; θ_{02} – середньомісячні температури повітря у лютому, °С.

У випадку m -мірного простору ознак лінійна дискримінантний функція є рівнянням деякої розділяючої площини, по різні сторони якої буде розташовуватися найбільше число випадків, що відносяться до тієї чи іншої групи.

При цьому площа розділу

$$DF(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0. \quad (5)$$

Для здійснення класифікації, тобто альтернативного прогнозу типу водності майбутнього водопілля, отримано по дві дискримінантних функції вигляду (3) чи (4) при виділенні спочатку високих та середніх (за $DF1$), а далі – низьких за водністю водопіль (за $DF2$). Так, коли дискримінантна функція $DF1 > 0$, то слід очікувати формування об'єму водопілля вище середньобагаторічного (ситуація 1). Якщо ж $DF1 \leq 0$, а $DF2 \geq 0$, то водопілля буде розвиватися за ситуацією 2, тобто шар стоку весняних вод очікується близьким до середньобагаторічного. У випадку, коли $DF1 < 0$ і $DF2 < 0$, водопілля буде нижчим за норму (ситуація 3).

Слід відзначити, що при прогнозуванні шарів стоку водопіль у басейні р. Десни до впадіння Сейму виділено дві категорії водності. Тут отримане одне дискримінантне рівняння $DF1$, яке поділяє весни на дружні чи близькі до нормальних умов та не дружні.

Деякі особливості розробки методики довгострокового прогнозу шарів весняного стоку відмічені й для басейнів р. Сейм та лівобережних приток Середнього і Нижнього Подніпров'я. На першому етапі розробки було виконане розділення водопіль за двома дискримінантними рівняннями на три категорії - високі, середні та низькі. Аналіз похибок прогнозованої методики тут показав, що на фоні високих водопіль в окремі роки, при незначній кількості зимово-весняних опадів, спостерігаються водопілля дуже високі (наприклад, 1971, 1974, 1983, 1984 рр.), а на фоні низьких – при значних запасах вологи на басейні – дуже низькі (наприклад, 1967, 1968, 1976, 1985 рр.). При цьому на етапі удосконалення методики прогнозу для цих річок були отримані додаткові дискримінантні рівняння – для дуже високих ($DF3$) і дуже низьких водопіль ($DF4$). Таким чином, знак дискримінантних функцій показує відношення водопіль до однієї не із трьох, а вже з п'яти категорій водності. Якість методики довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля після удосконалення показала кращі результати.

Особливості формувань весняних водопіль в басейнах правобережної частини України – Прип'яті, інших українських приток Дніпра, Південного Бугу пов'язані з наявністю майже кожен рік відлиг у січні-лютому з повним або частковим таненням снігу і випадінням рідких опадів, які призводять до зимових паводків. Наступне снігонакопичення буває різним і в окремі, особливо теплі роки, може й не спостерігатися. Такі умови вплинули на склад вектор-предиктору дискримінантної функції в басейнах річок правобережної України в рівнянні (3), на відміну від лівобережної – в (4).

Перевірка адекватності моделі альтернативного прогнозу або виявлення похибки такого прогнозу (похибки «перекриття») перевіряється, наприклад, за критерієм статистичної значущості розподілу Фішера [5,6]. Останній в редакції [7] має вигляд

$$F = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \frac{n_1 + n_2 - m - 1}{n_1 + n_2 - 2} \frac{\sum_{i=1}^n a_i (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{2i})}{m}, \quad (6)$$

де $\bar{x}_{1i}$ і $\bar{x}_{2i}$ – середні значення i -ої дискримінантної змінної двох сукупностей; n_1 і n_2 – кількість об'єктів у кожній групі; a_i – коефіцієнти дискримінантної функції.

Відмінність між двома групами буде статистично значущою, якщо величина F перевищить критичне значення $F_\alpha(v_1, v_2)$, отримане за [8], де α – рівень значущості (одного із значень, наприклад, 0.05, 0.01, 0.001), а v_1 і v_2 – числа ступенів вільності, що визначаються кількістю ознак m і числом об'єктів в групах n_1 і n_2 . При цьому $v_1 = m$, а $v_2 = n_1 + n_2 - m - 1$.

Відзначимо, що при перевірці статистичної значущості виконаної дискримінації угруповань весняних водопіль на рівнинних річках за критерієм Фішера (6) одержані значення F у всіх випадках перевищили їх критичні величини F_α , прийняті за [8] на рівнях значущості – в основному 5 і 1%.

Для весняних водопіль різного ступеня інтенсивності (враховуючи знак дискримінантних рівнянь) побудовані прогнозні залежності (1) чи (2), які математично можна виразити поліномом 3-ої (або більш високої) степені.

Дискримінантні рівняння та прогнозні залежності типизовані для басейнів з однорідними умовами формування весняних водопіль. На рівнинній території України виділено одинадцять районів за однаковими параметрами прогнозної схеми [2], які дозволяють у їх межах складати прогнози характеристик весняного водопілля для будь-якої річки, у тому числі за відсутності стокових спостережень на ній.

Можливість територіального довгострокового прогнозування гідрологічних характеристик весняного водопілля по регіональних залежностях (1) чи (2), обґрунтована в [1,2] встановленням для рівнинних річок України, у тому числі й невивчених у гідрологічному відношенні: середньобагаторічних величин шарів стоку – за карто-схемами їх розподілу по території з урахуванням впливу залісеності і заболоченості; максимальних витрат води – за моделлю типових редуційних гідрографів водопілля. Одержання прогнозних максимальних рівнів води весняного водопілля здійснюється за кривими витрат води $Q = f(H)$, побудованих для окремих постів.

Методика дає можливість встановлення ймовірнісних оцінок майбутнього водопілля у багаторічному розрізі, використовуючи криву трипараметричного гамма-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля [9].

Забезпеченість прогнозних величин Y_m та Q_m встановлюється у вигляді інтервалу

$$P_1 < P_{Y(Q)} < P_2, \quad (7)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, які встановлюються за таблицями [9].

Аналіз одержаних результатів. Оцінка методики територіально- загальних довгострокових прогнозів гідрологічних характеристик весняного водопілля рівнинних річок України показала, що справджуваність перевірених прогнозів (при прогнозі в дату настання максимальних снігозапасів S_m) в середньому становить (станом до 2000р.):

- шарів стоку – від 85% до 77%, а критерій якості методики $S/\sigma = 0,42-0,78$;
- максимальних витрат води – від 84% до 71% при $S/\sigma = 0,44-0,71$.

В цілому на різні дати випуску прогнозів (10, 20, 28 лютого та дату S_m) було складено й оцінено близько 8 тис. перевірних прогнозів шарів стоку і 7 тис. – максимальних витрат води водопілля, причому приблизно 2/3 з них – на незалежних матеріалах.

Для перевірки ефективності та достовірності запропонованого методу територіально-загальних довгострокових прогнозів шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок України, здійснена його перевірка на незалежному сучасному періоді – вихідних даних 2001-2010 рр.

Для аналізу та складання перевірних прогнозів шарів весняного стоку і максимальних витрат води були використані вихідні гідрометеорологічні дані на мережі спостережень в басейнах річок, залучені з режимних видань Гідрометслужби України, Центральної геофізичної обсерваторії та оперативних архівів Українського гідрометцентру, що сформовані в автоматизованій базі даних АРМ-гідро. Перелік опорних річкових створів, за якими здійснено прогнозування весняного стоку водопілля, обумовлений наявністю спільних гідрометеорологічних даних. Кількість їх становить 70 гідропостів: в басейнах рр.Десна – 10, Сула, Псел, Ворскла –10, Прип'ять та ін. праві притоки Дніпра – 20, Нижнього Подніпров'я – 10, Сіверського Дінця -10, Південного Бугу -10.

Всього за 10 років спостережень було складено і оцінено по 700 прогнозів для шарів стоку і стільки ж для максимальних витрат води весняного водопілля на кожну дату складання прогнозів (10, 20, 28 лютого та дату максимальних снігозапасів). Слід відзначити, що у кожному році прогнозування здійснювалося при встановленні невідомих на дати випуску прогнозів метеорологічних факторів, використовуючи надані в прогнозній схемі рекомендації щодо їх визначення [1] і вважаючи погодні умови зимово-весняного сезону близькими до їх метеорологічної норми (станом на 2000 р.).

Одержані за методикою територіально загальних довгострокових прогнозів шари стоку і максимальні витрати води весняного водопілля (за період 2001-2010 рр.) в порівнянні з їх спостереженими величинами показали, що останні є дещо заниженими, причому для максимальних витрат води – в середньому на 13-14% (при найбільших відхиленнях 22-26% в басейнах р. Десна і лівих притоках Середнього Дніпра, де водопілля взагалі є найбільш повноводними, та найменших (близьких до одиниці) – в межах басейну р. Південний Буг та річок Причорномор'я, де весняні процеси в останні роки слабко виражені.

Враховуючи наявність в хронологічному часовому ході гідрологічних характеристик весняного водопілля (у більшості для максимальних витрат води) сталої тенденції до їх зниження [10,11], відбувається й зменшення середньобаторічних значень гідрологічних величин, які є базовими в методиці територіально-загальних довгострокових прогнозів характеристик максимального весняного стоку і одержані станом на 2000 р.

В такому разі пропонується до значень середньобаторічних величин характеристик стоку вводити поправочні коефіцієнти, що враховують зміни водності весняного водопілля за останнє десятиріччя (наприклад, станом на 2010 р.) у вигляді співвідношень:

- для шарів стоку

$$K_{Y_{2010}} = (Y_0)_{2010} / Y_0, \quad (8)$$

- для максимальних витрат води

$$K_{Q_{2010}} = (Q_0)_{2010} / Q_0, \quad (9)$$

де $Y_0(Q_0)$ – середньобогаторічні величини шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля, визначені за період з початку спостережень на річках до 2000 р.; $(Y_0)_{2010}$ та $(Q_0)_{2010}$ – середньобогаторічні величини шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля, обчислені за період з початку спостережень на річках до 2010 р.

По річках рівнинної території України такі коефіцієнти узагальнені в залежності від географічної широти центрів їх водозборів (φ в частках та приведених до умовної широти 50°) у вигляді рівнянь (рис.1):

- для шарів стоку (при $r=0.27$) – рис.1 (а)

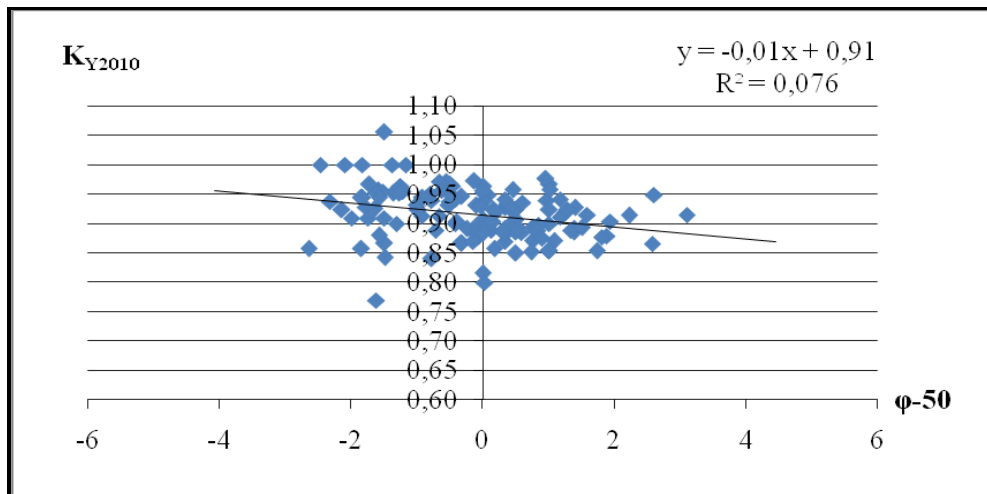
$$K_{Y_{2010}} = 0,91 - 0,01(\varphi - 50), \quad (10)$$

- для максимальних витрат води (при $r=0.23$) – рис.1 (б)

$$K_{Q_{2010}} = 0,87 - 0,008(\varphi - 50) \quad (11)$$

Слід зазначити, що коефіцієнти рівнянь (10) і (11) дещо уточнені (порівняно з наведеними у [2]) при використанні більшого об'єму вихідної інформації для їх встановлення.

а)



б)

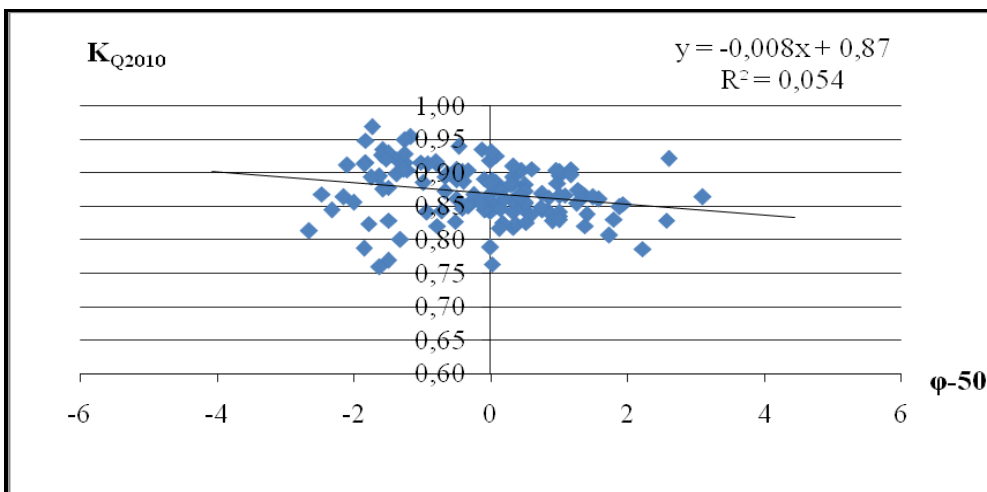


Рис.1. Залежність коефіцієнтів $K_{Y_{2010}}$ (а) і $K_{Q_{2010}}$ (б) від географічного положення водозборів річок в межах рівнинної території України

Отже, з урахуванням сучасних змін клімату і водності річок в період весняного водопілля в басейнах рівнинних річок України прогнозні значення характеристик весняного водопілля у період 2001-2010 рр. і в подальші роки, одержані за методикою територіально загальних довгострокових прогнозів встановлюються:

- для шарів стоку

$$Y'_m = k_Y \cdot Y_0 \cdot K_{Y_{2010}}, \quad (12)$$

- для максимальних витрат води

$$Q'_m = k_q \cdot Q_0 \cdot K_{Q_{2010}}, \quad (13)$$

або, аналогічно

$$Q'_m = k_q \cdot q_0 \cdot K_{Q_{2010}} \cdot F, \quad (14)$$

де F - площі річкових водозборів, км².

Результати прогнозів для максимальних витрат води у вигляді зв'язків спостережених та прогнозованих величин $Q_m = f(Q'_m)$, які побудовані на різні дати випуску прогнозу, при врахуванні коефіцієнтів $K_{Q_{2010}}$ за (13) чи (14) показали, що їх величини близькі за значеннями. У табл.1 надані кутові коефіцієнти α , коефіцієнти кореляції зв'язків r та забезпеченість $P\%$ допустимої похибки (δ_{don}) складених прогнозів на різні дати прогнозів (за відношенням δ/δ_{don} , де δ - абсолютна похибка прогнозів шарів стоку чи максимальних витрат води).

Таблиця 1. Оцінка методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на рівнинних річках України за період 2001-2010 рр. (з урахуванням коефіцієнту $K_{Q_{2010}}$)

Дата прогнозу											
10.02			20.02			28.02			S_m		
α	r	$P\%$	α	r	$P\%$	α	r	$P\%$	α	r	$P\%$
0,97	0,77	93	0,96	0,75	94	0,98	0,78	94	0,99	0,81	94

Висновки. Таким чином, отримана краща якість методики територіально загальних прогнозів дає підставу для одержання прогнозних величин (наприклад, у 2010 і наступних роках) шарів стоку чи максимальних витрат води при уточненні у майбутньому середньобаторіних величин цих стокових характеристик (наприклад, кожне наступне десятиріччя), оскільки періоди малої водності річок у весняний період року можуть чередуватися підвищеною водністю, тобто у наступні роки направленість тенденцій може змінюватися.

Список літератури

1. Гопченко Є.Д. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять: монографія / Є.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Ж.Р. Шакірзанова. – Одеса: Екологія, 2011. – 336 с. 2. Шакірзанова Ж.Р. Методика територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля та її реалізація в межах рівнинної території України / Ж.Р. Шакірзанова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – №9. – С. 141-150. 3. Гопченко Є.Д. Довгострокове прогнозування характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України в умовах сучасних змін клімату / Є.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакірзанова // Україна: географія цілей та можливостей. Зб.наук.праць. – Н.: ФОН «Лисенко М. М.», 2012. – т.III. – 2012. – С. 28-32. 4. Пановский Г.А. Статистические методы в метеорологии

/ Г.А. Пановский, Г.В. Брайер. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 242 с. **5. Школьный Е.П.** Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник / Е.П. Школьный, І.Д. Лоева, Л.Д. Гончарова. – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с. **6. Лобода Н.С.** Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах: Навчальний посібник / Н.С. Лобода. – Одеса: Екологія, 2010. – 184 с. **7. Батырева О.В.** Использование рядов наблюдений различной продолжительности в дискриминантном анализе / О.В. Батырева, Л.Е. Лукиянова // Труды Гидрометцентра СССР. – 1991. – Вып. 311. – С. 64-71. **8. Митропольский А.К.** Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Физмат Гиз, 1961. – 479 с. **9.** Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83 – (діючий від 1983 01.01) – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с. **10. Гребінь В. В.** Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с. **11. Гопченко Є.Д.** Зміни гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України / Є.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Ж.Р. Шакірзанова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – №10. – С.133-142.

Ефективність територіально-загального методу довгострокового прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля річок України

Шакірзанова Ж.Р.

Здійснено перевірку ефективності територіально-загальної методики для довгострокових прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля в умовах сучасних кліматичних змін.

Ключові слова: довгострокові прогнози, зміна водного режиму весняного водопілля, оцінка прогностичної методики.

Эффективность территориально-общего метода долгосрочного прогнозирования характеристик максимального стока весеннего половодья рек Украины

Шакирзанова Ж.Р.

Выполнена проверка эффективности территориально-общей методики для долгосрочных прогнозов слоев стока и максимальных расходов воды весеннего половодья в условиях современных климатических изменений.

Ключевые слова: долгосрочные прогнозы, изменение водного режима весеннего половодья, оценка прогностической методики.

The efficiency of the general method of territorial long-term forecasting characteristics of maximum runoff of spring flood of the rivers of Ukraine

Shakirzanova Zh.R.

Verification of the efficiency territorial general method for long-term forecasts of runoff and maximum water discharge of spring flood under contemporary climate change has been made.

Keywords: long-term forecasts, the change of water regime of spring flood, evaluation of the forecasting method.

Надійшла до редколегії 03.11.2014

УДК 551.482

Удовенко О.І., Ківва С.Л., Ковалець І.В.

Інститут проблем математичних машин та систем НАН України, м. Київ, Україна

ОЦІНКА КЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ СТАТИСТИЧНОГО ДАУНСКЕЛІНГУ

Ключові слова: зміни клімату, паводки, прогнозування, метод статистичного даунскелінгу, моделі загальної циркуляції, гідрологічна модель

Вступ. Паводки та повені є стихійним лихом, яке завдає найбільші збитки Україні. Одним з найбільш схильних до паводків регіонів у нашій країні є Українські Карпати. На протязі останнього десятиріччя тут відбулася серія катастрофічних

паводків. Найбільш відомими є паводки 1998 та 2001 рр. у басейні р. Тиса (Закарпаття) та у липні 2008 р. у басейнах р. Дністра та р. Прута. Відомо, що опади, які виникають в українській частині Карпат, суттєво впливають на загальну кількість паводків у зазначених басейнах. Прогнозуванню паводків, зокрема, у Карпатах, присвячена чимала кількість робіт [1, 2, 3]. Однак останнім часом постає питання про те, як змінюються кліматичні характеристики екстремальних паводків в Україні, у тому числі й у Карпатах, у зв'язку із глобальними змінами клімату [4].

Для прогнозування змін клімату використовуються моделі загальної циркуляції (МЗЦ), в яких враховуються ключові кліматоутворюючі фактори і які дозволяють у певній мірі врахувати просторовий і часовий розподіл кліматичних змін. Ці моделі використовуються для складання звітів Міжурядової групи експертів ООН з питань зміни клімату (МГЕЗК, [5]). Через великий об'єм обчислювальних ресурсів, необхідних для розв'язання рівнянь метеорологічних моделей, просторовий дозвіл моделей МЗЦ складає близько 1° (~ 100 км), що ускладнює оцінку регіональних характеристик клімату за даними МЗЦ. Внаслідок цього обмеження виникає завдання деталізації (даунскелінгу) даних МЗЦ, оскільки присутність гір впливає на розподіл екстремальних опадів, які викликають паводки.

Серед методів деталізації даних МЗЦ виділяють динамічні й статистичні методи. Динамічні методи вимагають застосування мезомасштабних метеорологічних моделей у якості регіональних кліматичних моделей (РКМ). У такому підході дані МЗЦ використовуються для завдання граничних умов у РКМ. У попередній роботі авторів [6] був застосований метод динамічного даунскелінгу для моделювання сучасних кліматичних характеристик екстремальних опадів та паводків в Українських Карпатах. При цьому використовувався ланцюг моделей, який складався з мезомасштабної метеорологічної моделі та розподіленої гідрологічної моделі. Прикладом застосування РКМ для моделювання кліматичних змін в Українських Карпатах є робота [7], але дослідження в цій роботі [7] стосувались екстремальних опадів і не включали моделювання гідрологічних характеристик паводків. У порівнянні з динамічними методами статистичні методи деталізації дозволяють одержати більш обмежену інформацію щодо просторового розподілу кліматичних характеристик, однак вони значно економічніше й особливо зручні для проведення попередніх оцінок кліматичних змін.

Отже, метою даної роботи є розробка методики оцінки змін кліматичних характеристик дощових паводків в Українських Карпатах на підставі використання сучасної розподіленої гідрологічної моделі та статистичного методу даунскелінгу кліматичних сценаріїв МЗЦ.

Метод статистичного даунскелінгу. Використаний у даній роботі метод статистичного даунскелінгу був розроблений у роботі [8]. У цьому методі на початку обробляються часові ряди добових сум опадів, вимірюваних на станції, і добових сум опадів, отриманих для того ж часового відрізка шляхом обробки даних МЗЦ, у результаті якої отримано параметри щільності розподілу ймовірностей добових сум опадів (випадкова величина x). При цьому щільність розподілу ймовірностей випадкової величини x апроксимується гама розподілом:

$$pdf(x) = \frac{e^{\left(-\frac{x}{\theta}\right)} x^{k-1}}{\Gamma(k) \theta^k}, \quad (1)$$

а пара параметрів (θ, k) знаходиться у процесі обробки часових рядів вимірювань (у цьому випадку позначимо пари параметрів як (θ_{obs}, k_{obs})) і результатів моделювання (у цьому випадку позначимо відповідну пару параметрів як (θ_{sim}, k_{sim})).

Інтегруючи співвідношення (1) знаходимо функції розподілу:

$$cdf(x) = \int_x^{\infty} \frac{e^{\left(\frac{-x}{\theta}\right)} x^{k-1}}{\Gamma(k) \theta^k} \cdot \quad (2)$$

Потім графічно розв'язується рівняння

$$cdf_{obs}(f(x)) = cdf_{sim}(x), \quad (3)$$

з метою знаходження функції переходу $f(x)$. Отриману в такий спосіб функцію переходу можна потім використовувати для корегування функцій розподілу, розрахованих на підставі моделей МЗЦ для майбутніх кліматичних умов.

Для статистичного даунскелінгу витрат води, розрахованих за гідрологічною моделлю, використано такий самий метод статистичного даунскелінгу (1)-(3), як і для опадів, але при цьому щільність функції розподілу середніх добових витрат води x апроксимується розподілом екстремальних значень (generalized extreme value distribution – GEV, [9]), яке часто використовується при оцінці статистичних характеристик екстремальних явищ у гідрології та метеорології [9, 10]:

$$pdf(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \exp\left(-(1+kz)^{-1/k}\right) (1+kz)^{-1-1/k}, & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp(-z - \exp(-z)), & k = 0 \end{cases} \quad (4)$$

тут $z = (x - \mu) / \sigma$, а k, σ, μ – трійка параметрів, які знаходяться на етапі обробки часових рядів вимірювань витрат води.

Гідрологічна модель. У роботі використана модифікована версія моделі опади-стік Університету Вашингтон DHSVM [11]. Її структура розроблена так, щоб забезпечити інтегроване представлення динаміки гідрологічних процесів і рослинності в топографічному масштабі, описаному цифровими даними рельєфу. Вона включає двошарову модель рослинності для евапотранспірації, модель енергетичного балансу для розрахунку накопичення і танення снігу, двошарову модель кореневої зони рослин і модель руху ґрунтових вод.

Для кожного часового кроку модель знаходить спільне рішення рівнянь енергетичного й водного балансу для певної розрахункової комірки водозбору. Окремі комірки сітки гідрологічним способом пов'язані у квазі-тривимірну підземну насичену транспортну схему. Особливістю моделі є те, що перерозподіл вологи в ґрунті вглиб відбувається через підземну насичену транспортну схему явно; тобто, розрахунок робиться при переході від одного пікселя до іншого, на відміну від статистичного підходу, що використовується в деяких інших моделях.

Рослинний покрив і властивості ґрунту задаються для кожної комірки сітки цифрової моделі рельєфу. Ці властивості можуть просторово змінюватись усередині водозбору. У кожній комірки сітки змодельована поверхня землі може складатися з верхнього та нижнього ярусу рослинності й ґрунту. Верхній ярус може покрити всю або задану частину поверхні землі. Нижній ярус, якщо він є, покриває всю поверхню землі.

Модельований водний баланс ґрунту/рослинності для окремої комірки сітки записується як

$$\Delta S_{s1} + \Delta S_{s2} + \Delta S_{i0} + \Delta S_{iu} + \Delta W = P - E_{i0} - E_{iu} - E_s - E_{t0} - E_{tu} - P_2, \quad (5)$$

де ΔS_{s1} та ΔS_{s2} – зміни вологовмісту ґрунту у верхньому й нижньому кореновому шарах, відповідно; ΔS_{i0} і ΔS_{iu} – зміни в об'ємі перехопленої вологи верхнім і нижнім ярусами рослинності, відповідно; $-\Delta W$ зміна вологовмісту снігового покриву, P – об'єм опадів (дощ і/або сніг); P_2 – об'єм вологи, що впливає з нижнього коренового шару; E_s – об'єм випаровування з поверхні ґрунту; E_{i0} , E_{iu} , E_{t0} , і E_{tu} є об'ємами випаровування (від перехопленої вологи) і транспірації вологи верхнім і нижнім ярусами рослинності, відповідно.

Локальні метеорологічні умови (опадів, температура повітря, сонячна радіація, швидкість вітру, тиск пару повітря) задаються для кожної комірки сітки на визначеній висоті вище верхнього ярусу. Евапотранспірація рослинністю моделюється шляхом використання підходу Пенмана-Монтеня [11]. Верхній ярус рослинності може поглинати вологу з верхнього і нижнього коренових шарів, тоді як нижній ярус може поглинати вологу тільки верхнього коренового шару. Сонячна радіація й швидкість вітру послабляються цими двома ярусами рослинності залежно від загущеності й індексу листової поверхні і обчислюються для верхнього й нижнього ярусів і ґрунту. Випаровування ґрунтової вологи залежить від кліматичних умов.

Снігонакопичення й його танення моделюється за допомогою одношарової моделі енергетичного балансу, що явно враховує вплив топографії та рослинного покриву на енергетичний обмін з поверхнею снігу. Ненасичений рух вологи через обидва коренових шари ґрунту описується законом Дарсі. Розвантаження вологи з нижнього коренового шару відбувається на дзеркало ґрунтових вод для даної комірки сітки. Кожна комірка сітки обмінюється насиченою ґрунтовою вологою з усіма суміжними комірками залежно від рівня горизонту ґрунтових вод, характеристик ґрунту й місцевої топографії, що призводить до динамічного квазі-тривимірного представлення руху ґрунтових вод.

У місцях, де рівень ґрунтових вод вище поверхні Землі, генерується потік поверхневих вод. Для моделювання поверхневого стоку використовувався алгоритм D8, описаний у попередній роботі авторів [6], в якому передбачається, що рух води вниз по схилу можливий у 8 напрямках та описується рівнянням кінематичної хвилі.

Область розрахунків. Для проведення досліджень було обрано українську частину басейну р. Уж від витoku до м. Ужгород поблизу українсько-словацького кордону (рис. 1).

Річка Уж є притокою р. Лаборець й належить басейну р. Дунай. Вона протікає через Потиську низовину у Закарпатській області в Україні. Довжина української частини р. Уж складає 112.8 км, а площа водозбору - 1970 км². Максимальна висота в області досліджень складає 1475 м абс., а мінімальна – 98 м абс.

На досліджуваном водозборі дощові паводки та паводки, спричинені сніготаненням, виникають 3-8 разів на рік. Найбільш екстремальні опади, що викликають дощові паводки в даному регіоні, тривають 2-5 днів [12]. Тому даний водозбір є одним з найбільш схильних до паводків водозборів України.

У басейні р. Уж встановлено 6 гідрометеорологічних станцій, на яких проводяться вимірювання опадів, температури, рівня та витрат води, а на двох станціях проводяться вимірювання швидкості вітру. Однак, тривалі ряди гідрометеорологічних вимірювань наявні тільки на двох метеорологічних станціях – Великий Березний та Ужгород; вони й використовувались у даній роботі.

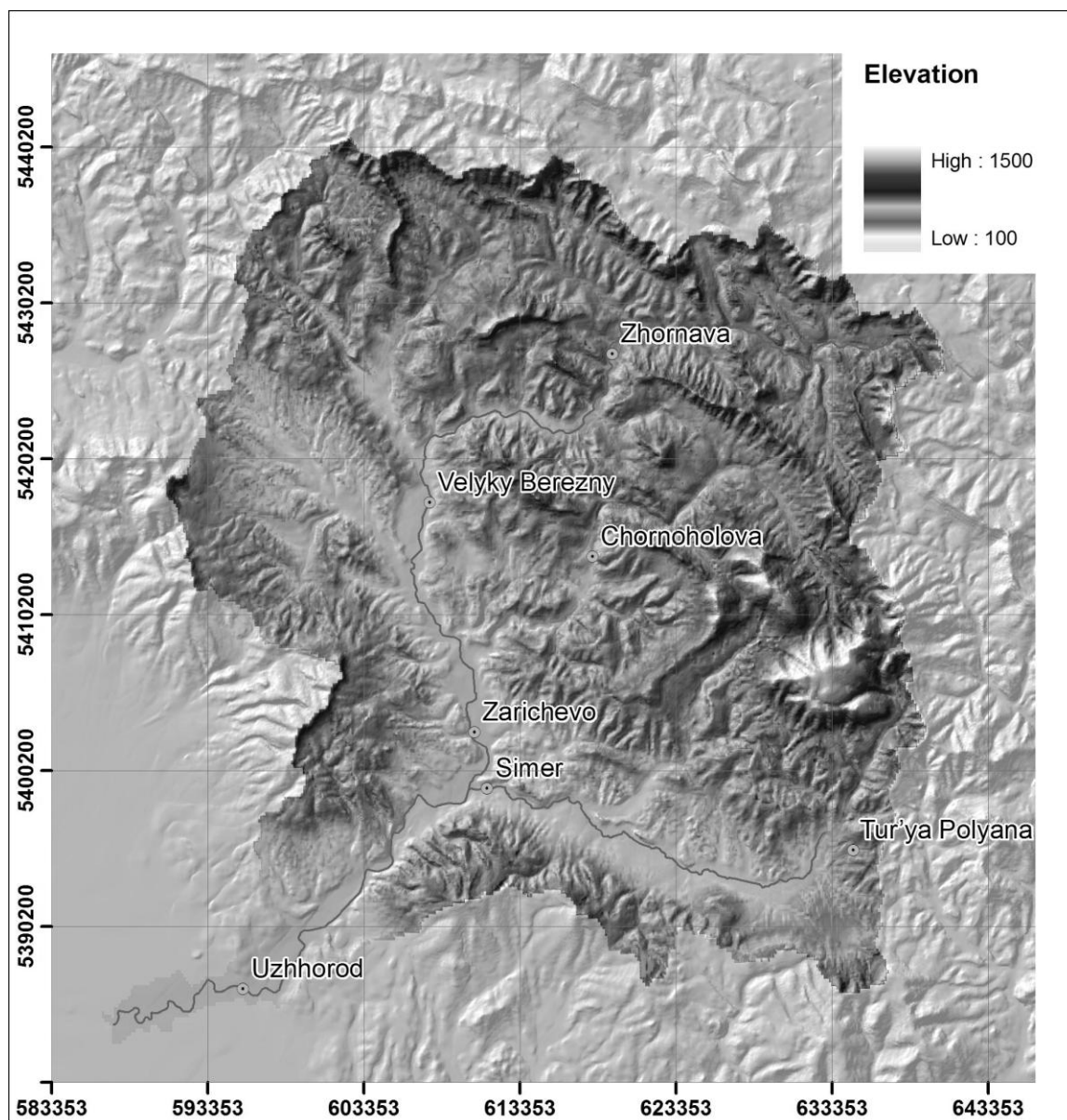


Рис. 1. Топографія української частину водозбору р. Уж

Результати розрахунків. З початку було проведене тестування алгоритму статистичного даунскелінгу. Для побудови функції переходу $f(x)$ були оброблені добові суми опадів за результатами вимірювань станцій Великий Березний та Ужгород і отримані на підставі даних регіональної кліматичної моделі за 10 років (з 1961 по 1970 р.) У розрахунках використовувалися дані регіональної кліматичної моделі RCA3 [13], розробленої в Кліматичному центрі ім. Росбі (Швеція), наявні на сітці з просторовим дозволом 30 км. Потім за допомогою отриманої функції переходу (3) була відкорегована функція розподілу добових сум опадів за результатами RCA3 за період 1971-1990 рр, і проведено порівняння отриманої функції розподілу з результатами вимірів (рис. 2).

Як видно з рис. 2, статистичний даунскелінг дозволяє досягти гарного узгодження функції розподілу, отриманої на підставі розрахунків з вимірюваннями. Перевірено, що наявні розбіжності розрахованої функції розподілу й вимірювань

на рис. 2 при більших значеннях добових сум опадів знаходяться у межах довірчого інтервалу.

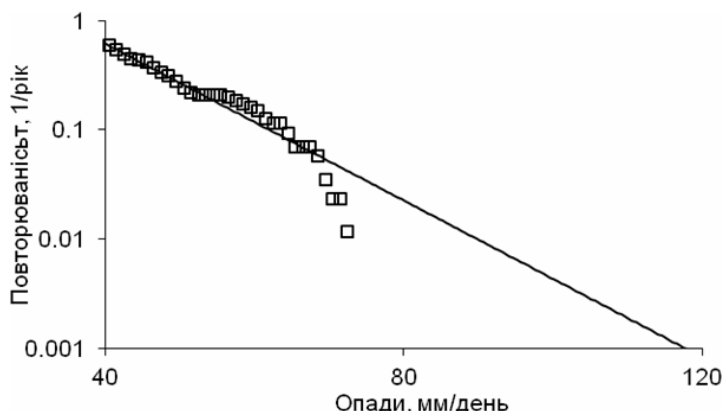


Рис. 2. Повторюваність добових сум опадів, осереднена за станціями у басейні р. Уж, за результатами вимірювань у період 1971-1990 рр. та за результатами статистичного даунскелінгу за цей самий період; калібрування алгоритму статистичного даунскелінгу здійснювалось за період 1960-1970 рр.

Гідрологічну модель DHSVM було калібровано та перевірено для умов водозбору р. Уж. із використанням даних, зібраних за теплу частину 1996 р. Порівняння розрахованих та вимірюваних витрат представлено на рис. 3.

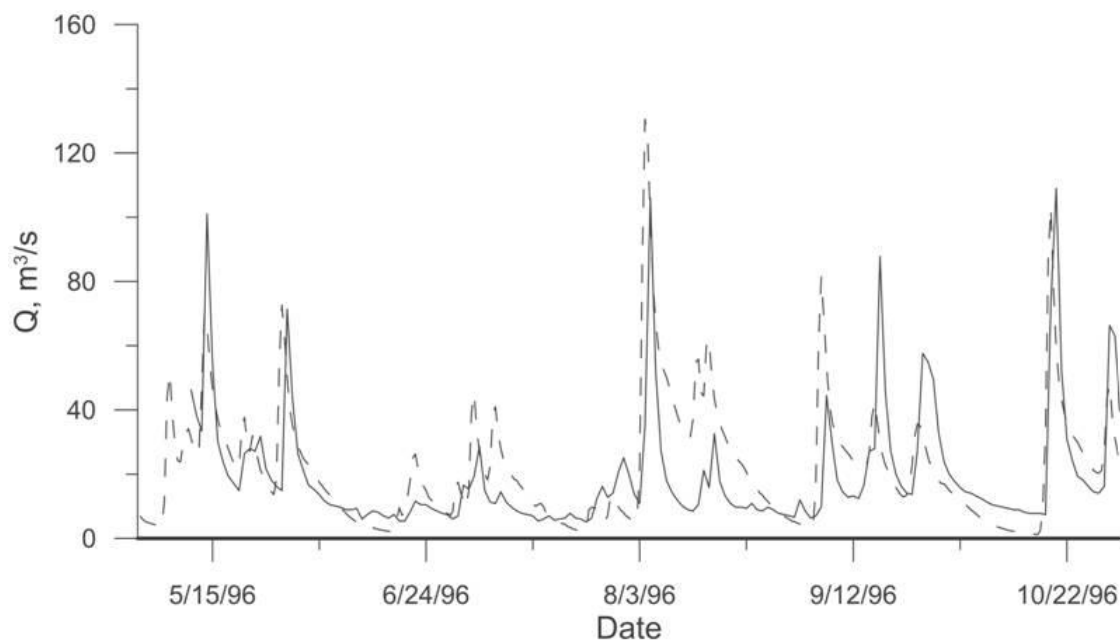


Рис. 3. Вимірювані (суцільна лінія) та розраховані (штрихова лінія) DHSVM витрати за травень-жовтень 1996 р.

Було також обчислено коефіцієнт ефективності Наша-Саткліфа (NSE) та відносна систематична похибка (PBIAS):

$$NSE = 1 - \frac{\langle (Q_o - Q_m)^2 \rangle}{\langle (Q_o - \langle Q_o \rangle)^2 \rangle}, PBIAS = 100 \cdot \frac{\langle Q_o - Q_m \rangle}{\langle Q_o \rangle}, \quad (6)$$

де $\langle \rangle$ - оператор осереднення, Q – витрати води, індекси 'o' та 'm' відповідають відповідно вимірам та моделі.

За результатами калібрування були отримані наступні значення статистичних характеристик порівнянь моделі та вимірів: NSE=0.34, PBIAS=9%, які можна визнати задовільними.

На наступному етапі вивчався вплив глобальних кліматичних змін на повторюваність екстремальних опадів та дощових паводків в Українських Карпатах. Як відомо, у глобальному масштабі збільшення частоти екстремальних високих температур і опадів є характерною властивістю глобального потепління [14], але регіональні особливості клімату можуть істотно відрізнятися від загальних тенденцій. Згідно звіту Міжурядової групи експертів ООН із змін клімату найбільш консервативним сценарієм соціально-економічного розвитку, який приводить до найбільших глобальних кліматичних змін є сценарій A2 [14].

Для з'ясування питання щодо того, як зміниться частота екстремальних опадів в Українських Карпатах, у даній роботі була побудована функція переходу (3) на підставі обробки даних регіональної кліматичної моделі RCA3 та вимірювань за 1960-1990 рр. із використанням алгоритму (1)-(3). Потім функція переходу використовувалася для обробки даних моделювання моделі RCA3 для майбутнього клімату за період 2011-2040 рр. щодо умов сценарію соціально-економічного розвитку A2 [14]. Порівняння повторюваності екстремальних опадів для клімату 1960-1990 рр. і для клімату 2011-2040 рр., що розраховано за методом статистичного даунскелінгу, наведено на рис. 4. Також на рис. 4 приведено дані статистичної обробки результатів вимірювань за період 1960-1990 рр. У середньому по водозбору Ужа, значення добових сум опадів, що відповідає 1% забезпеченості (1/100 років) для клімату 1960-1990 рр.: $x_p^0 = 84$ мм/добу. Як видно з даних, представлених на рис. 4, відповідно до результатів моделі повторюваність значення x_p^0 за наступний 30-річний період збільшиться вдвічі (відповідно, період повторюваності таких опадів зменшиться вдвічі). При цьому у порівнянні із значенням x_p^0 величина опадів 1% забезпеченості для клімату 2011-2040 рр. x_p^1 зросте приблизно на 10% до значення $x_p^1 = 93$ мм/добу.

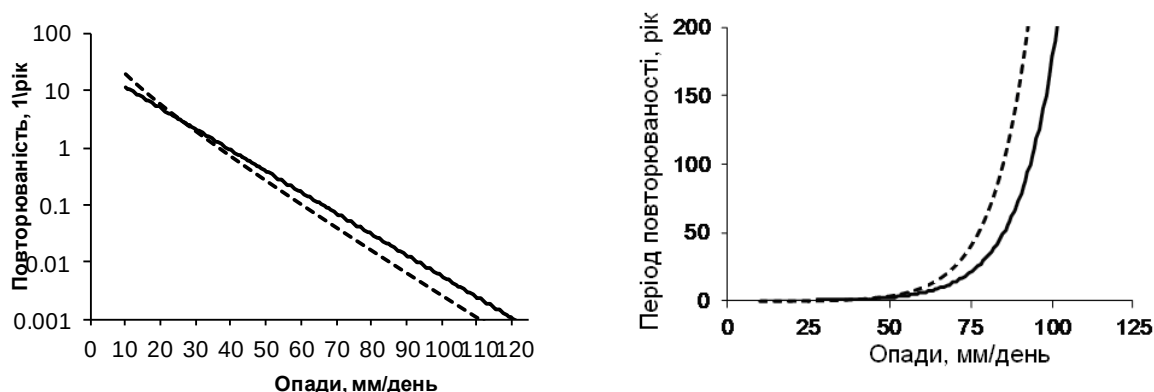


Рис. 4. Повторюваність (зліва) та період повторюваності (зправа) добових сум опадів, осереднені по станціям у басейні р. Уж, за результатами статистичного даунскелінгу кліматичної моделі RCA3 для періоду 1960-1990 рр. (штрихова лінія) та 2011-2040 рр. (суцільна лінія)

Метеорологічні поля моделі RCA3, розраховано для періодів 1960-1990 рр. та 2011-2040 рр., наявні із часовим кроком 1 доба, були використані в якості вхідних

даних гідрологічної моделі DHSVM для розрахунку часових залежностей витрат води р. Уж. На підставі даних розрахунків та вимірювань витрат на станції Ужгород за період 1960-1990 рр. була побудована функція переходу (3) для статистичного даунскелінгу розрахованих витрат води. В результаті були розраховані функції розподілу екстремальних витрат води щодо умов сучасного та майбутнього клімату, показані на рис. 5. На тому ж рисунку точками показані повторюваності екстремальних витрат згідно даних вимірювань для періоду 1960-1990 рр. Як видно з даних, представлених на рис. 5, значення середньодобових витрат, що відповідає 1% забезпеченості для клімату 1960-1990 рр., складає $x_q^0 = 710 \text{ м}^3/\text{с}$. Відповідно до результатів моделі повторюваність значення x_q^0 за наступний 30-річний період збільшиться втричі. При цьому у порівнянні із значенням x_q^0 значення витрат 1% забезпеченості для клімату 2011-2040 рр. x_q^1 зросте приблизно на 20% до значення $x_q^1 = 860 \text{ м}^3/\text{с}$.

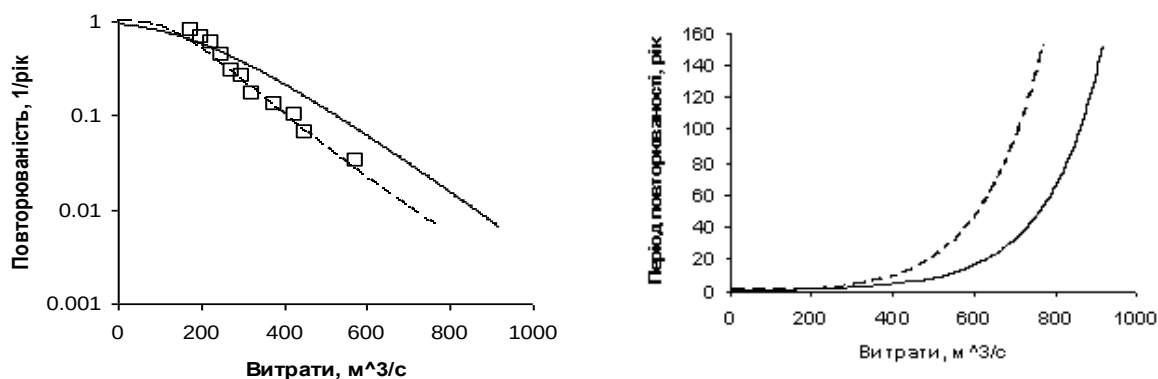


Рис. 5. Повторюваність (зліва) та період повторюваності (зправа) середньодобових витрат, осереднені по станціям у басейні р. Уж, за результатами вимірювань (точки), статистичного даунскелінгу кліматичної моделі RCA3 для періоду 1960-1990 рр. (штрихова лінія) та статистичного даунскелінгу за період 2011-2040 рр. (суцільна лінія)

Висновки. У даній роботі обґрунтовано використання методу статистичного даунскелінгу для деталізації сценаріїв моделей загальної циркуляції для умов Українських Карпат з метою отримання функцій розподілу екстремальних опадів та дощових паводків на водозборах карпатських річок. Отримано гарне узгодження функцій розподілу добових сум опадів, розрахованих на підставі глобальних кліматичних моделей та методу статистичного даунскелінгу за результатами вимірювань, проведених в українській частині водозбору р. Уж.

Обробка результатів розрахунків кліматичної моделі RCA3 Шведського центру ім. Росбі для умов майбутнього клімату показує, що при реалізації сценарію соціально-економічного розвитку A2 Міжурядової групи експертів ООН із змін клімату, значення добових опадів 1% забезпеченості в Українських Карпатах у найближчі 30 років (2011-2040 рр.) збільшиться на 10% у порівнянні із відповідним значенням для умов клімату 1960-1990 рр. Метеорологічні поля моделі RCA3, розраховані для періодів 1960-1990 та 2011-2040 рр., були використані в гідрологічній моделі DHSVM для розрахунку часових залежностей витрат у р. Уж.

На підставі статистичного даунскелінгу розрахованих витрат води показано, що за наступний 30-річний період значення екстремальних середньодобових витрат 1% забезпеченості збільшиться приблизно на 20% у порівнянні із відповідним значенням для клімату 1960-1990 рр.

Список літератури

1. Бойко О.В. Оцінка ефективності протипаводкових заходів на малих річкових водозборах Закарпаття на основі розрахунків розподіленої моделі «опад-стік» / О.В. Бойко, М.Й. Железняк // Математичні машини і системи. – 2011. – №4.
2. Соседко М.Н. Применение математической модели формирования дождевого стока с распределенными параметрами при краткосрочном прогнозировании паводков в горных районах / М.Н. Соседко, О.И. Лукьянец // Тр. УкрНИГМИ. – 1993. – Вып. 245. – С. 29 – 39.
3. Горбачова Л.О. Адаптація гідрологічної моделі MIKE-11 до гірських річок / Л.О. Горбачова // 36. Наук. Пр. УкрНДГМИ. – 2012. – №263. – С. 152-164.
4. Осадчий В.І. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату / В.І. Осадчий, Ю.Б. Набиванець, Н.В. Странацько. [та ін] // Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – 2009. – 282 с.
5. Randall, D.A. Climate Models and Their Evaluation. / D.A. Randall, R.A. Wood, S. Bony, [etal] // Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
6. Kovalets I.V. Usage of the WRF-DHSVM model chain for simulation of extreme floods in mountainous areas: a pilot study for the Uzh River Basin in the Ukrainian Carpathians / I.V. Kovalets, S.L. Kivva, O.I. Udovenko // Natural Hazards. – 2014. – DOI: 10.1007/s11069-014-1412-0.
7. Krakovska S. Analysis and projections of climate change impacts on flood risks in the Dniester river basin based on the ENSEMBLES RCM data / S. Krakovska, V. Balabukh, L. Palamarchuk, G. Djukel, N. Gnatiuk // Geophysical Research Abstracts. – 2012. – Vol. 14, EGU2012-863-2.
8. Piani C. Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe / C. Piani, J.O. Haerter, E. Coppola // Theoretical and Applied Climatology. – 2010. – Vol. 99, Issue 1-2, pp 187-192.
9. Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. Applied Hydrology. – 1988. – McGraw Hill International Editions. – 572 p.
10. Klein Tank, A.M.G., Zwiers F.W., Zhang X. Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. World Meteorological Organization. – 2009. – WMO-TD No.1500.
11. Wigmosta M.S. A comparison of simplified methods for routing topographically driven subsurface flow / M.S. Wigmosta, D.P. Lettenmaier. // Water Resources Research. – 1999. – 35(1), 255-264.
12. Краснова О.В. Максимальний стік дощових паводків з малих водозборів у Закарпатті / О.В. Краснова // Автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.07 / О.В. Краснова; Одес. держ. екол. ун-т. — О., 2002. — 19 с.
13. Nikulin, G. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations / G. Nikulin, et.al. // Tellus 63A, 41–55.
14. Climate Change 2007: The Physical Science Basis / Solomon, S., D. Qin, M. Manning [et al] (eds.) // Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.

Оцінка кліматичних характеристик екстремальних дощових паводків з використанням методів статистичного даунскелінгу

Удовенко О.І., Ківва С.Л., Ковалець І.В.

Запропоновано метод статистичного даунскелінгу для деталізації сценаріїв кліматичних змін згідно з даними моделей загальної циркуляції для умов Українських Карпат. Згідно з результатами розрахунків для української частини водозбору р. Уж значення добових опадів 1% забезпеченості в найближчі 30 років збільшиться на 10%, а значення середньодобових витрат 1% забезпеченості на станції Ужгород збільшиться приблизно на 20%.

Ключеві слова: зміни клімату, паводки, прогнозування, метод статистичного даунскелінгу, моделі загальної циркуляції, гідрологічна модель.

Оценка климатических характеристик экстремальных дождевых паводков с использованием методов статистического даунскелинга

Удовенко О.И., Кивва С.Л., Ковалец И.В.

Предложен метод статистического даунскелинга для детализации сценариев климатических изменений согласно данным моделей общей циркуляции для условий Украинских Карпат. Согласно результатам расчетов для украинской части водосбора р. Уж значение суточных осадков 1% обеспеченности в ближайшие 30 лет увеличится на 10%, а значение среднесуточных расходов 1% обеспеченности на станции Ужгород увеличится приблизительно на 20%.

Ключевые слова: изменения климата, паводки, прогнозирование, метод статистического даунскелингу, модели общей циркуляции, гидрологическая модель.

Estimation of climatological parameters of extreme flash floods using the statistical downscaling method

Udovenko O.I., Kivva S.L., Kovalets I.V.

The method of statistical downscaling of climate change scenarios according to the data of global circulation models for the conditions of the Ukrainian Carpathians is proposed. According to results of calculations for the Ukrainian part of the Uzh River watershed, during the next 30 years the amount of daily precipitation occurring 1 per 100 years will increase by 10% while the amount of the daily average water discharge at Uzhgorod station occurring once per 100 years will increase by 20%.

Keywords: climate change, floods, forecasting, statistical method daunskelingu, general circulation models, hydrological model.

Надійшла до редколегії 14.11.2014

УДК 556.55 (477.41)

Тимченко В.М., Дараган С.В.

Институт гидробиологии НАН Украины, г.Киев

СМЕНЯЕМОСТЬ ВОДЫ В ВОДОЕМАХ КИЕВА

Ключевые слова: городские водоёмы; водный баланс; водообмен

Введение. Среди множества процессов и явлений, которыми характеризуется гидрологический режим континентальных водоёмов, наиболее экологически значимым (ключевым) является их внешний водообмен, т.е. сменяемость воды. Этот процесс зависит прежде всего от интенсивности притока и оттока воды из водоёма, т.е. от соотношения составляющих водного баланса. Именно водный баланс лежит в основе учета водных масс, растворенных и взвешенных веществ, биогенных элементов и водных организмов в водоёме. Он же во многом определяет внутриводоемную динамику, а значит непосредственно сказывается на характере и интенсивности физических, химических и биологических процессов, ответственных за формирование состояния экосистем водоёмов и качества их водной среды.

Исходные предпосылки. При любых экологических оценках и прогнозах, связанных с изучением качества вод и биопродуктивности водоемов, определение составляющих их водного баланса и интенсивности внешнего водообмена становится первым и принципиально важным этапом исследования [1]. Там, где это положение не соблюдается, сведения об экологическом состоянии водных объектов принимают фрагментарный характер и в подавляющем большинстве случаев не раскрывают механизмы его формирования.

Подобная ситуация сложилась по отношению к многочисленным водоёмам, расположенным в черте города Киева. Можно сослаться на ряд опубликованных работ, в которых приводятся результаты изучения отдельных компонентов экосистем этих водоёмов [2–10]. Однако в них не раскрывается роль гидрологических и особенно водообменных процессов в функционировании экосистем, в лучшем случае приводятся сведения о морфометрии водных объектов и некоторых параметрах их водного режима. Исключением, пожалуй, является серия брошюр, вышедших в 2007 – 2011 гг. под общим названием „Екологічний стан урбанізованих заплави́х водойм”, где гидрологические характеристики рассматриваются как ключевые факторы формирования абиотических и биотических составляющих экосистем водоёмов придаточной сети Каневского водохранилища, находящихся в пределах города. К таким работам можно отнести также некоторые статьи [11–13].

Интерес непосредственно к внешнему водообмену водоёмов вызван ещё и тем, что его искусственным изменением можно регулировать показатели состояния их экосистем и качество водной среды, что для городских условий имеет принципиальное значение.

Основное содержание работы. На территории Киева находится около 300 разных по происхождению, морфометрии и степени антропогенной нагрузки водоёмов (рис.1). Среди них 129 озёр, 102 пруда, 24 залива и 43 небольших искусственных водоема [2].

более 200 озёр и прудов. В краткой характеристике водоёмов Киева, приведенной в книге «Екологічний стан кіївських водойм» [2], отмечено, что в Киеве насчитывается около 430 водных объектов. На сайте Управления водных ресурсов в Киеве и области [14] вообще помещена противоречивая информация о количестве и площади прудов в пределах города. В целом, большое количество водных объектов является одной из достопримечательностей столицы Украины.

Определённая часть городских водоёмов находится на сформированной аллювиальными отложениями пойме Днепра. Эти водоёмы имеют песчаное основание с неглубоким залеганием водоносных горизонтов. Большинство из них возникли в процессе многовекового смещения русла реки. На правом берегу Днепра, которое характеризуется овражно-балочным типом рельефа, находятся в основном водоёмы искусственного происхождения. Они образованы перегораживанием малых водотоков или возникли в карьерах.

Для систематизации всего многообразия водоёмов Киева, необходимой для оценки их водообменных показателей, мы разработали схему деления всех водоёмов на группы и подгруппы (рис. 2). В основу этой схемы положен генетический принцип и учёт степени антропогенного изменения, согласно чему все водоёмы, расположенные в черте г. Киева, делятся на две группы – *гидрогенные* и *искусственные*.

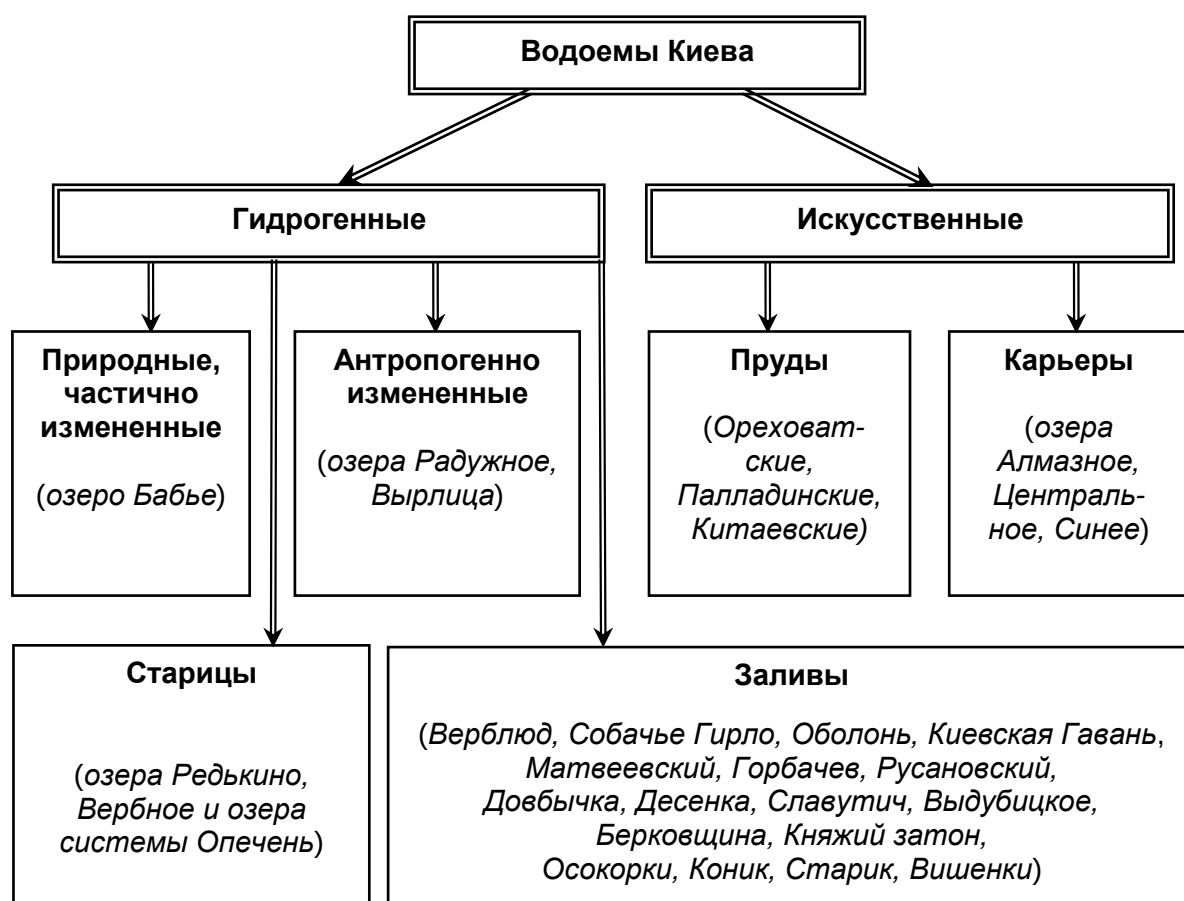


Рис.2. Схема деления водоёмов Киева на группы и подгруппы по генезису и степени антропогенного изменения (характерные представители)

Водоёмы первой группы – это те, которые возникли под действием природных процессов. Большинство из них подверглись или подвергаются разной степени антропогенному преобразованию. Чаще всего это проявляется в искусственном изменении морфометрических параметров – углублении, расширении или, наоборот, уменьшении площадей. Для учёта этого фактора водоёмы гидрогенной группы предложено делить на следующие подгруппы:

а) *природные, частично изменённые* – водоёмы, в которых антропогенные преобразования морфологии незначительны и не повлияли на основные показатели водного режима;

б) *антропогенно изменённые* – природные водоёмы, испытавшие коренные преобразования морфологии;

в) *старицы* – водоемы, которые возникли на месте бывших рукавов и проток Днепра;

г) *заливы* – элементы гидрографической сети Днепра (Каневского водохранилища).

В группу искусственных водоемов входят две подгруппы – *пруды* и *карьеры*. К первой из них относятся водоемы, созданные на малых водотоках. Вторая включает водоемы, возникшие при добыче песка и глины.

Основными составляющими водного баланса любого из водоёмов г. Киева являются: приток и отток поверхностных вод (речки, ручьи, склоновый сток с прилегающей территории); приток и отток подземных вод; атмосферные осадки на поверхность водоёма; испарение с его водного зеркала. В некоторых водоёмах существенный вклад в водный баланс вносят сбросные воды предприятий и сточные воды жилых массивов. Отдельной и существенной статьёй водного баланса заливов выступает приток и отток воды из Днепра, точнее из Каневского водохранилища.

Общей для всех водоёмов приходной составляющей водного баланса являются атмосферные осадки на водную поверхность (W_{oc}). В районе Киева за год выпадает в среднем 645 мм влаги [15]. Это обеспечивает ежегодное пополнение каждого из городских водоемов в объёмах, зависящих от площади водного зеркала. Для водоемов со значительными площадями атмосферные осадки являются преобладающим источником питания. Так, в наибольшее по площади водного зеркала озеро Алмазное (группа *искусственные*, подгруппа *карьеры*) за счёт осадков за год поступает в среднем около 1,03 млн м³ воды, что составляет 54 % приходной части его водного баланса.

Также общей для всех исследуемых водоёмов является расходная составляющая водного баланса, обусловленная испарением с их водного зеркала (W_{uc}). За год здесь с водной поверхности испаряется в среднем 527-мм слой воды [16]. В зависимости от площади водоёма на испарение теряется от 12,5 до 840 тыс. м³ за год.

Определение составляющих водного баланса, обусловленного притоком ($W_{пов}$) и оттоком ($W_{от}$) поверхностных вод, в условиях городских водоёмов Киева представляет сложную задачу. Регулярные и эпизодические натурные измерения стока ручьёв и речек в черте города практически не производятся. Имеющаяся информация о расходах воды зачастую касается отдельных проектов жилищного или промышленного строительства и не может быть применена для каких-либо обобщений относительно притока поверхностных вод к водоёмам Киева.

Склоновый сток также никем не оценивался. В такой ситуации мы вынуждены были обратиться к общепринятому способу определения поверхностного стока, основанному на использовании модуля стока территории. Согласно справочным

данным [17], средняя величина модуля поверхностного стока на территории Киевской области составляет 2,5 л/с км². Таким образом, с каждого км² площади водосбора в городские водоёмы должно поступать за год примерно 80 тыс. м³. Фактически приток поверхностных вод к городским водоёмам несколько ниже из-за значительных потерь, обусловленных искусственным усложнением рельефа местности (дороги, насыпи и т.п.).

Ещё более сложной задачей является определение притока ($W_{\text{пр}}$) и оттока ($W_{\text{от}}$) из водоёмов подземных вод. Для их оценки необходимы специальные гидрогеологические исследования. Поставить такие исследования только для определения притока-оттока подземных вод из городских водоёмов экономически не совсем реально. Поэтому мы проанализировали возможные расчетные пути решения этой задачи для конкретных групп и подгрупп водоёмов.

Так, на водоёмах, расположенных на пойменной и надпойменной террасах Днепра (гидрогенные, кроме заливов, и часть карьеров) приток и отток воды происходит через сложенные песками аллювиальные отложения, коэффициент фильтрации которых составляет примерно 32 м/сутки [12]. Разность отметок уровня между Каневским водохранилищем и водоёмом, как причина перемещения подземных вод, зависит от фазы водности Днепра. В период весеннего подъёма уровня в водохранилище происходит приток воды в водоём подземным путём, в остальное время года идёт её обратное перемещение.

При оценке этих потоков для каждого из водоёмов указанных групп и подгрупп использовался общепринятый способ, основанный на уравнении закона Дарси [18]. В качестве исходных параметров при этом принимались: напор и коэффициент фильтрации, площадь поперечного сечения подземного потока и длина пути фильтрации (расстояние между водохранилищем и водоёмом). Для остальных водоёмов также использовался указанный способ. Результаты расчётов приведены в табл. 1. Там же представлены все основные составляющие водного баланса характерных представителей групп и подгрупп водоёмов.

Основной составляющей водного баланса заливов является обмен водой с водохранилищем. Этот водообмен исследовался нами ранее [19]. Было установлено, что решающим фактором внешнего водообмена заливов речного участка Каневского водохранилища являются внутрисуточные колебания уровня воды в русловой сети, обусловленные неравномерным (попусковым) режимом работы Киевской ГЭС. Установлены закономерности трансформации попусковых волн и разработана методика расчёта амплитуд колебания уровня воды в любом створе речного участка водохранилища, в том числе у входа к каждому заливу [19]. Последнее использовано для расчёта притока-оттока вод всех заливов, расположенных в пределах речного участка Каневского водохранилища [20]. В табл. 2 приведены рассчитанные нами значения притока-оттока для заливов, находящихся в черте города при реально осуществляемых в последнее десятилетие попусках ГЭС. Эти данные свидетельствуют о значительных объёмах перетока воды между заливами и водохранилищем, что намного превышает остальные составляющие водного баланса этих водоёмов.

Следует заметить, что достоверная оценка составляющих водного баланса таких разных водоёмов, которыми располагает г. Киев, есть дело не только трудное, но и в значительной степени мало реализуемое. Особенно если это касается проблем точного учёта водных ресурсов. Однако точности рассчитанных нами показателей притока и оттока вод к основным группам (подгруппам) водоёмов, в том числе приведенным в табл. 1 и 2, вполне достаточно для оценки их проточности (внешнего водообмена), как важной абиотической характеристики их экосистем.

Таблица 1. Водный баланс и внешний водообмен некоторых характерных для разных групп и подгрупп водоемов г. Киева (кроме заливов Днепра)

Группы	Подгруппы	Характерные водоёмы	Площадь водного зеркала, тыс. м ²	Объем, тыс. м ³	Основные составляющие водного баланса, тыс. м ³ /год						Годовой коэффициент водообмена, лет ⁻¹	Период водообмена, лет
					приходные		расходные					
					(W _{ос})	(W _{пов})	(W _{зр})	(W _{ис})	(W _{см})	(W _ф)		
Гидрогенные	природные, частично измененные	оз. Бабье	47,2	94,6	30,4	42,5	115	24,9	–	163	1,99	0,50
		оз. Радужное	142	474	91,6	–	355	74,8	–	372	0,94	1,06
	антропогенно измененные	оз. Вырлица [12]	980	15400	644	67	372	507	–	576	0,07	14,2
		оз. Редькино	373	2570	240	157	1040	196	–	1250	0,56	1,78
	старицы	оз. Вербное	161	1130	104	9	419	85	–	447	0,47	2,12
Искусственные	карьеры	оз. Алмазное	1590	19300	1030	845	–	840	733	300	0,10	10,3
		оз.Центральное	23,7	95,6	15,3	–	64	12,5	–	66,8	0,83	1,21
		оз. Синее	44,0	37,6	28,4	81,4	–	23,2	–	86,6	2,92	0,34
	пруды	Палладинские	43,9	97,4	28,3	75,7	89,4	23,1	170	–	2,00	0,50
		Ореховатские	46,3	88,3	29,9	58,7	77,7	24,3	142	–	1,88	0,53
		Китаевские	51,5	96,4	33,2	241	–	27,2	123	124	2,84	0,35

Таблица 2. Показатели внешнего водообмена гидrogenных водоемов г. Киева (подгруппа заливы) при наблюдавшихся колебаниях уровня воды в нижнем бьефе Киевской ГЭС

Заливы	Показатели при колебаниях уровня					
	минимальных (0,18 м)		средних (0,54 м)		максимальных (1,25 м)	
	приток-отток, тыс. м ³ /сутки	период водообмена, сутки	приток-отток, тыс. м ³ /сутки	период водообмена, сутки	приток-отток, тыс. м ³ /сутки	период водообмена, сутки
Верблюд	253	26,2	760	8,7	1760	3,8
Собаچه Гирло	187	32,7	562	10,9	1300	4,7
Оболонь	144	40,3	432	13,4	1000	5,8
Киевская Гавань	202	27,6	605	9,2	1400	4,0
Матвеевский	124	20,2	372	6,7	860	2,9
Горбачёв и Русановский	346	14,9	1037	5,0	2400	2,1
Довбычка	282	24,2	847	8,1	1960	3,5
Десенка	1560	15,9	4670	5,3	10800	3,2
Славутич	7	33,5	22	11,2	51	4,9
Выдубицкое [21]	28	34,5	84	11,5	195	5,0
Берковщина [22]	48	55,8	150	17,8	360	7,4
Княжий затон [22]	8	11,5	26	3,7	63	1,5
Осокорки [23]	19	20,2	60	6,5	145	2,7
Коник	202	13,5	605	4,5	1400	1,9
Старик	78	28,9	233	9,6	540	4,2
Вишенки	22	63,5	66	21,2	153	9,0

В качестве показателей интенсивности внешнего водообмена в широкой практике гидрологических, в том числе эколого-гидрологических исследований применяются коэффициент и период водообмена.

Первый из них даёт представление о том, сколько раз за определённый заданный период (чаще всего год) в водоёме меняется водная масса. Второй указывает на то, за какое время происходит эта смена. Тот и другой показатели условные, так как не учитывают особенностей процесса смешивания вод при их смене. Тем не менее, они являются наиболее приемлемыми при гидроэкологических оценках, расчётах и прогнозах.

Нами определены средние величины коэффициентов и периодов водообмена большинства водоёмов г. Киева. Приведенные в табл. 1 и 2 показатели характеризуют проточность водоёмов, представляющих разные группы и подгруппы. *Наиболее проточными* среди водоёмов Киева являются заливы Днепра. Условная смена воды в них происходит в основном в течение 2–7 суток. Такого типа водоёмы должны были бы иметь хороший трофический статус [24]. К сожалению, большинство из заливов относятся к урбанизированным пойменным водоёмам [21–23] и состояние их экосистем во многом определяется степенью антропогенного воздействия. *Достаточно высокой проточностью* характеризуются пруды и подгруппа природных, частично изменённых водоёмов Киева. Вода в них меняется в среднем 1,5–2 раза за год. Именно благодаря хорошему внешнему водообмену они существуют и выполняют свои рекреационные функции. *К малопроточным* городским водоёмам (с периодом водообмена более года) относятся наиболее крупные озёра: Алмазное, Вырлица, Редькино, Вербное, Радужное и др. Их благополучные гидроэкологические показатели формируются, вероятнее всего, за счёт внутриводоёмной динамики, которая, как отмечалось, ответственна за направленность и интенсивность процессов формирования качества вод и состояния экосистем.

Заключение. На основе проведенных эколого-гидрологических исследований определено, что водоемы г. Киева характеризуются достаточно большим диапазоном периода водообмена (от 2 суток до более 10 лет). Значительное количество городских водоемов нуждается в улучшении или поддержании стабильного экологического состояния. Последнее можно решать путем регулирования их внешнего водообмена.

Список литературы

1. Тимченко В. М. Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М. Тимченко— К.: Наук. думка, 2006.
2. Екологічний стан водойм м. Києва: [відп. ред. В. А. Кундієв]. — К.: Фітосоціоцентр, 2005. — 219 с.
3. Афанасьев С.А. Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов г. Киева / С.А. Афанасьев // Вестник экологии. — 1996. — № 1–2. — С.112–118.
4. Хільчевський В. К. Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків території м. Києва / В.К. Хільчевський, О.В. Бойко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — К.: Ніка-Центр. — 2001. Том 2. — С. 529–535.
5. Царенко П.М. Альгофлора водойм м. Києва та його околиць / П.М. Царенко, Б.Є. Якубенко, П.Д. Клоченко, В.О. Медвідь // Науковий вісник Національного аграрного університету. — 2004. — Вип. 72. — С. 56–66.
6. Щербак В.И. Сравнительная характеристика фитопланктона водоемов различных районов г. Киева / В.И. Щербак, Н. Е. Семенюк // Гидробиол. журн. — 2005. — Т. 41, №2. — С. 29–36.
7. Клоченко П.Д. Оцінка екологічного стану безстічних озер м. Києва / П.Д. Клоченко, В.О. Медведь, З.Н. Горбунова, І.Ю. Іванова, Г.Г. Ліліцька // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2010. — Т. 2 (19). — С. 168–174.
8. Екологічний стан кийвських водойм / [Афанасьєва О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г. та ін.]. — К.: Фітосоціоцентр, 2010. — 256 с.
9. Романенко В.Д. Биоиндикация экологического состояния водоемов в

черте г. Киева / В.Д. Романенко, А.В. Ляшенко, С.А. Афанасьев, Е.Е. Зорина-Сахарова // Гидробиол. журн. – 2010. – 46, №2. – С. 3–24. **10. Щербак В.И.** Пространственно-временная динамика фитопланктона придаточной сети киевского участка Каневского водохранилища / В.И. Щербак, А.М. Задорожная, К.П. Калениченко // Гидробиол. журн. – 2014. – Т. 50, №1. – С. 3–14. **11. Тимченко О.В.** Еколого-гідрологічні дослідження озера Вирлиця (Київська ділянка Канівського водосховища) / О.В. Тимченко, О.П. Холодько // Озера та штучні водойми України: сучасний стан й антропогенні зміни: Матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. – Луцьк: РВВ «Вежа», 2008. – С. 208–211. **12. Дубняк С.С.** Еколого-гідроморфологічний аналіз умов та наслідків підвищення рівня ґрунтових і поверхневих вод в районі оз. Вирлиця в м. Києві / С.С. Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник. – К.: ВГЛ „Обрії”. – 2009. – Т.17. – С. 62–76. **13. Timchenko V.M.** Management of floodplain's water bodies ecosystem on impounded rivers / V.M. Timchenko, O.V. Timchenko, N.S. Lukashenko // Ecohydrology and Hydrobiology. – 2008. – Vol. 8, # 2–4. – P. 263–272. **14.** Водні ресурси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vodgosp.kiev.ua/menu/view/67> **15.** Клімат України / [В.М. Ліпінський, В. А. Дячук, В. М. Бабіченко та ін.] : за ред. В. М. Ліпінського. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с. **16. Шерешевський А.І.** Розрахункове випаровування з водної поверхні на території України / А.І. Шерешевський, Л.К. Синицька // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 11–26. **17.** Справочник по водным ресурсам / [Под. ред. Б. И. Стрельца]. – К. : Урожай, 1987. – 304 с. **18.** Загальна гідрологія. Підручник / [Лемківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г. та ін.] – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с. **19. Тимченко В. М.** Экологические аспекты водного режима киевского участка Каневского водохранилища / В.М. Тимченко, С.С. Дубняк // Гидробиол. журн. – 2000. – 36, №3. – С. 57–67. **20. Тимченко В. М.** Методические аспекты регулирования кислородного режима речных участков днепровских водохранилищ в летний период (на примере киевского участка Каневского водохранилища) / В.М. Тимченко, О.П. Оксик, О.В. Тимченко // Гидробиол. журн. – 2006. – 42, №1. – С. 99–107. **21.** Екологічний стан урбанізованих заплавлених водойм. Озер Видулицьке / [Тимченко В. М., Линник П. М., Щербак В. І. та ін.] – Київ : Ін-т гідробіології НАН України, 2007. – 64 с. **22.** Екологічний стан урбанізованих заплавлених водойм. Озер Берковщина / [Тимченко В. М., Линник П. М., Щербак В. І. та ін.] – Київ : Ін-т гідробіології НАН України, 2009. – 68 с. **23.** Екологічний стан урбанізованих заплавлених водойм. Затока Осокорки / [Тимченко В. М., Линник П. М., Щербак В. І. та ін.] – Київ : Ін-т гідробіології НАН України, 2011. – 76 с. **24. Оксик О.П.** Гидробиологические особенности и оценка трофности пойменных водоемов устьевой области Днепра / О.П. Оксик, В.С. Полищук, Л.А. Журавлева и др. // Гидробиол. журн. – 1991. – 27, №6. – С. 3–10.

Змінюваність води в водоймах Києва

Тимченко В.М., Дараган С.В.

Оцінено інтенсивність зовнішнього водообміну різнотипних водойм м. Києва.

Ключові слова: міські водойми; водний баланс; водообмін.

Сменяемость воды в водоемах Киева

Тимченко В.М., Дараган С.В.

Оценено интенсивность внешнего водообмена разнотипных водоемов г. Киева.

Ключевые слова: городские водоёмы; водный баланс; водообмін.

Water exchange of Kyiv water bodies

Timchenko V.M., Daragan S.V.

The intensity of external water exchange of different-type Kiev's water bodies has been assessed.

Keywords: urban water bodies; water balance; water exchange.

Надійшла до редколегії 07.11.2014

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ГІДРОЛОГІЧНОЇ РОЛІ ЛІСІВ КАРПАТ

Ключові слова: *гідрологічна роль лісу, водозбір, опади, паводки, річковий стік, лісистість, лісогосподарська діяльність*

Протягом 50-річних досліджень водного режиму лісів Карпат у науковій літературі нагромаджено відносно багатий фактичний матеріал, що характеризує їх гідрологічні і ґрунтозахисні властивості та зміни під впливом господарської діяльності. Проте його теоретичне узагальнення та практичне використання для оптимізації цих функцій лісу й вдосконалення ведення господарства значно ускладнюється, оскільки в одних випадках він отриманий в окремих типах лісу, насадженнях або зрубках [3, 5, 9], а інших – на водозборах різної площі із суттєвими відмінностями природних умов [2, 7, 10, 11]. Повнота вивчення лісу на складники водного балансу і стік води досліджуваних об'єктів неоднакова, іноді фрагментарна. Відсутність уніфікованих методів досліджень, підбору і опису об'єктів та критеріїв оцінки цієї ролі лісу, а також недостатня врахованість інших гідрологічних факторів зумовлює суперечливість отриманих різними авторами даних. Так, результати досліджень впливу лісистості водозборів на водні ресурси в одних випадках свідчить, що вона їх не змінює [11], а інших – суттєво збільшує [10]. Водночас спеціальні експерименти на малих водозборах показують, що загальний об'єм стоку води різко зростає і під впливом вирубок лісу [7, 10]. Найважливіша серед його гідрологічних функцій стокорегульовальна роль залишається недостатньо вивченою. При цьому в гідрологічній літературі вона, як правило, недооцінюється, а лісівничо-екологічній – якісно переоцінюється без достатньо кількісного висвітлення.

Слід зазначити, що крім суб'єктивних причин неоднозначних результатів досліджень, існують і об'єктивні. Вони викликані, як уже зазначалося, значною складністю і мінливістю формування водного режиму гірської території. Досить громіздкою є ієрархічна система формування водного режиму [8], яка включає п'ять категорій водозборів та найменшу територіальну одиницю – однорідні ділянки схилу, де стік води не завжди виклинується на денну поверхню. Збільшення площ ієрархічних рівнів формування водного режиму, починаючи від однорідних ділянок і закінчуючи басейнами головних річок зумовлює суттєве ускладнення природних умов та структури лісів, у зв'язку з чим позитивна гідрологічна роль одних насаджень може значно нівелюватися недостатньою дією інших, негативним впливом зрубів і нелісових площ та затушовується комплексом абіотичних факторів. У загальнорегіональному плані це може навіть «маскувати» гідрологічну роль лісового покриву.

Для отримання об'єктивної інформації щодо гідрологічних властивостей лісу необхідне застосування комплексної методики їх вивчення, яка повинна містити уніфіковані методи досліджень для різних ієрархічних рівнів формування водного режиму, основні критерії оцінки стану їхнього лісового покриву та гідрологічних функцій, особливості підбору й опису репрезентативних дослідних об'єктів, врахування впливу на гідрологічний режим провідних абіотичних чинників та господарської діяльності. Вивчати водний баланс лісу на кожному із шести рівнів

надто складно, а тому виникає необхідність їх генералізації. Досвід досліджень у гірських системах Далекого Сходу [4], Українських Карпат [7, 8] та Північного Кавказу [1] свідчить, що для забезпечення репрезентативності гірських умов вивчення гідрологічної ролі лісу слід зосереджувати в основному на трьох природних рівнях, а саме: однорідних ділянках гірських схилів, елементарних водозборах гірських потоків та басейнах річок. Кожний із них характеризується певною специфікою природних умов, особливостями формування водного режиму, що визначає застосування відповідних методів досліджень та критеріїв оцінки стану лісових геосистем і їх гідрологічної ролі.

Зупинимося на аналізі цих аспектів для гірських умов Карпат із врахуванням просторової фізико-географічної і лісорослинної неоднорідності регіону, досвіду та результативності проведення тут лісогідрологічних досліджень [8, 10]. У таблиці наведено основні критерії оцінки стану лісового покриву та його гідрологічної ролі для названих трьох рівнів формування водного режиму гірської території.

Перший рівень являє собою однорідні ділянки площею від декількох до 10-30 гектарів із однаковими показниками крутизни й експозиції схилів, потужності і щобенистості ґрунту та таксаційних характеристик насаджень. Тут обліку піддаються практично всі компоненти лісу і їх зміни під впливом господарської діяльності. На них простежується перерозподіл опадів у системі «насадження – ґрунт», процеси нагромадження і танення снігу, промерзання і відтаювання ґрунту, динаміки його вологозапасів, а також вплив насаджень на такі гідрологічні ланки, як інтерцепція, транспірація, фізичне випаровування з поверхні підстилки і ґрунту.

Однорідні ділянки можуть служити основою для вивчення особливостей формування та поширення таких небезпечних явищ, як ерозія ґрунту, селі і зсуви, що, як відомо, в горах приурочені до конкретних ґрунтово-рельєфних умов. Окрім того, на ділянках, пройдених рубками, можна оцінити ступінь пошкодження лісової підстилки й ґрунту лісосічними роботами та обсяги лісоексплуатаційної ерозії. Визначення перелічених показників проводиться переважно загальноприйнятими інструментальними способами.

Основним недоліком досліджень на цьому рівні є відсутність даних про величину основного воднобалансового складника – стоку води, який тут, як уже зазначалося, не завжди виклинюється на денну поверхню у зв'язку із незначною площею. Тому гідрологічні властивості насаджень залишаються недостатньо з'ясованими. Їх можна оцінювати опосередковано через показники сумарного випаровування (сума величин інтерцепції, транспірації і фізичного випаровування з поверхні ґрунту) та водомісткості системи «насадження – ґрунт» (вміст вологи, яку може акумулювати лісовий намет, підстилка і ґрунт у межах ризосфери). Останній показник у фаховій літературі [9] застосовується як основний критерій водорегулювальної ролі лісу та її змін під впливом рубання.

Основні методи досліджень – стаціонарні воднобалансові спостереження та маршрутні ґрунтово-гідрологічні обстеження. У якості першого методу використовується круглорічне або сезонне вивчення динаміки опадів, вологозапасів ґрунту, транспірації і фізичного випаровування вологи та інших ланок вологообміну на постійних площадках, що репрезентативно відображають об'єкти досліджень [5].

У доповнення до них можуть застосовуватися і спеціально обладнані стокові площадки, на яких обліковується поверхневий і, частково, внутрішньоґрунтовий стік води під час сніготанення і зливових дощів [3].

Таблиця. Основні критерії оцінки стану лісового покриття та його гідрологічної ролі

Рівень формування водного режиму	Мета досліджень	Характеристики природного стану і господарської діяльності				Основні критерії оцінки	
		кліматичні, рельєфні і ґрунтові	біолого-лісівничі і господарські	гідрологічні	стану лісового покриття	водного режиму	
1	2	3	4	5	6	7	
Нелісова однорідна ділянка схилу	Визначення водорегулювальної здатності ґрунту (контроль для лісових ділянок)	Мікроклімат; висота, експозиція і крутизна схилу, потужність, щільність і фізичні властивості ґрунту	Характер надґрунтового вкриття	Фізичне випаровування, вологозапаси ґрунту, снігозапаси, поверхневий стік	–	Водорегулювальна здатність ґрунту і фізичне випаровування	
Лісопокрита однорідна ділянка схилу	Оцінка водорегулювальної ролі конкретних насаджень	Попередні характеристики, а також запаси підстилки	Тип лісу, таксаційні показники насаджень	Попередні характеристики, а також інтерцепція і транспірація насаджень	Вік, склад і повнота насаджень	Вологомісткість системи «насадження – ґрунт»	
Однорідна ділянка лісового схилу, пройдена рубанням	Оцінка змін водорегулювальної і ґрунтозахисної ролі лісу під впливом рубань і трелювання	Попередні характеристики та зміни водно-фізичних властивостей ґрунту, його пошкодження і ерозія	Таксаційні показники деревостанів після несутільних рубань; тип зрубу після суцільних	При несутільних рубаннях аналогічні лісопокритим ділянкам; при суцільних – такі як на безлісних схилах	Склад і повнота деревостанів після несутільних рубань, тип зрубу після суцільних	Попередні критерії, а також обсяги ерозії та пошкоджень ґрунту	

Продовження табл.

Рівень формування водного режиму	Мета досліджень	Характеристики природного стану і господарської діяльності				Основні критерії оцінки	
		кліматичні, рельєфні і ґрунтові	біолого-лісівничі і господарські	гідрологічні	стану лісового покриву	водного режиму	
1	2	3	4	5	6	7	
Безлісний басейн гірського потоку	Оцінка гідрологічної ролі нелісових чинників (контроль для лісових об'єктів)	Клімат і метеоумови; площа, експозиція, крутизна схилів і водотоків. потужність і щebenистість ґрунту	Характеристика угідь	Всі складники водного балансу, їх динаміка по сезонах і роках, режим стоку води	-	Схилувий і ґрунтовий стік води та їх режим	
Лісовий басейн гірського потоку без господарської діяльності	Комплексна оцінка гідрологічної ролі лісу	Аналогічні попереднім басейнам	Типи лісу, його вікова і породна структура, процент лісистості	Деталізовані попередні, що викликано наявністю лісового покриву	Групи віку лісу, процент загальної і ефективної лісистості	Аналогічні попереднім	
Лісовий басейн гірського потоку із рубаннями	Вивчення змін гідрологічної ролі лісу під впливом рубань	Попередні характеристики, а також ступінь пошкодження ґрунту і обсяги ерозії	Попередні показники, а також площа та способи рубань	Аналогічні попереднім	Процент зрубів, лісистості, показники залишених насаджень	Аналогічні попереднім та показники мутності води	
Басейн гірської річки	Оцінка водоохоронної і стокорегулювальної ролі лісу	Опади, площа, середня висота, мегахил гірської системи, нахил водозбору і річки	Висотна поясистість, структура угідь, процент лісистості	Загальна водність, схилувий і підземний складники стоку, його внутрішньорічний режим	Процент загальної і ефективної лісистості	ґрунтовий стік води і внутрішньо річний режим річок	

Маршрутні обстеження передбачають вивчення фізичних і інфільтраційних властивостей ґрунтів у насадженнях і зрубках, ступінь їх пошкодження під час лісоексплуатаційних робіт та наступний розвиток ерозійних процесів [8].

Другий ієрархічний рівень формування водного режиму – водозбори гірських потоків, які характеризуються певною мінливістю природних умов і структури лісового покриву. Для них властиві різні експозиції і стрімкість схилів, ґрунтові й мікрокліматичні відміни, а іноді й різний вік і склад насаджень, у зв'язку з чим зменшується можливість деталізації природного стану їх геосистем. Основні його характеристики зводяться до загальної експозиції і крутизни схилів, висотного розміщення і площі водозборів, величини атмосферного зволоження та домінантних типів лісу і проценту лісистості. Таксаційні показники деревостанів тут можуть інтегруватися у вікові групи чистих або мішаних насаджень. На цьому рівні є можливість оцінити головний воднобалансовий складник – величину стоку води, його динаміку і генезис. Відносно однорідними у фізико-географічному і лісівничому відношеннях є елементарні водозбори. Їх площі в Карпатах переважно коливаються від 4-5 до 100-120 га, а відносний діапазон висот нижнього і верхнього гіпсометричних рівнів складає 100-400 м. Вони репрезентативно представляють лісорослинні умови і водний режим окремих та споріднених типів лісу і деревостанів висотної смуги рослинності (наприклад, грабових бучин або буково-ялицевих раменей), а іноді навіть цілих висотних поясів (наприклад, ялицево-букових або чистих ялинових лісів).

У якості основного критерію гідрологічної ролі лісу для таких водозборів служать величини ґрунтового і схилового стоку води в загальному його об'ємі та їх співвідношення [1, 7, 10]. Доповнюючи дані про генезис і динаміку стоку води вивченням процесів вологообміну системи «насадження – ґрунт», на цьому рівні формування водного режиму можна виявити комплексну гідрологічну роль лісу різних висотних смуг і поясів та її зміни під впливом господарської діяльності. Оцінка останніх проводиться двома шляхами:

1) порівнянням стоку й інших складових водного балансу, що формуються на водозборах із значним контрастом лісистості, які розміщені по сусідству в однакових геоморфологічних і лісорослинних умовах [11];

2) постановкою довготривалого активного гідрологічного експерименту, суть якого зводиться до того, що спочатку протягом декількох років досліджується водний режим однорідних за ґрундово-геоморфологічними умовами і лісівничо-таксаційними характеристиками насаджень елементарних водозборів (період калібрування), згодом його зміни під впливом проведення різних способів та обсягів рубань і наступного формування нового покоління лісу [7, 10]. На його основі можна визначити оптимальні в захисному відношенні вікові групи насаджень, процент лісистості, екологічно ефективні способи рубань та гранично допустиме зниження ними лісопокритої площі.

Слід відмітити, що стаціонарні дослідження на водозборах гірських потоків вимагають будівництва гідрологічних постів, належного їх оснащення приладами та довготривалих щоденних гідрометеорологічних спостережень. Тому при їх організації необхідний вдалий підбір об'єктів, які б репрезентативно представляли конкретні лісорослинні умови, а також чітко сформульована довготермінова програма досліджень та проведення експериментів.

Поєднання методичних принципів досліджень формування водного режиму на першому і другому їх рівнях дає можливість визначити водорегулювальну здатність різних насаджень під час екстремальних злив, які в Карпатах часто формують паводки, ерозію ґрунту, селі та зсуви. У цьому відношенні межу водорегулювання (МВ) насаджень можна виразити через сумарний ефект максимального можливого

утримання атмосферних опадів лісовим наметом, підстилкою і ґрунтом, переведення їх надлишку в підземні води та формування в ґрунтово-підґрунтовій товщі уповільненого зарегульованого стоку за наступною формулою:

$$MB = E_{\text{нам.}} + (B_1 - B_o) + I + S_{\text{зар.}}, \quad (1)$$

де $E_{\text{нам.}}$ – затримання опадів лісовим наметом, мм; B_1 – повна вологоємність підстилки і ґрунту, мм; B_o – вологозапаси підстилки і ґрунту перед випаданням опадів, мм; I – фільтрація води під час опадів у підстиляючі породи, мм; $S_{\text{зар.}}$ – зарегульований лісом внутрішньогрунтовий стік, що не виклинується на денну поверхню, мм.

Оскільки під час зливових опадів генетично важко вичленити із загального стоку води його складник $S_{\text{зар.}}$ і не завжди відома величина B_o , межу водорегулювання можна визначити спрощеним шляхом через ув'язку появи шкідливих процесів із величиною атмосферних опадів. Для цього необхідні дані про хід зливових дощів і час формування в руслах і на гірських схилах негативних явищ, розміри встановлюються після закінчення стихії.

Третій ієрархічний рівень формування водного режиму – басейни річок. Для них характерне суттєве різноманіття природних умов: експозиції і крутизни схилів, діапазонів гіпсометричних рівнів, площ, геоморфологічної будови, ґрунтів, опадів, типів лісу, віку і складу насаджень, структури сільськогосподарських угідь та ряду інших. Тому при оцінці гідрологічної ролі лісу на цьому рівні слід передусім враховувати провідні фактори водного режиму гірської території: атмосферні опади, висотне розміщення, розмір площі і середні нахили водозборів та їх річок. Значне різноманіття лісового покриття зумовлює приймати в якості його інтегрального показника процент лісистості.

На тлі просторової неоднорідності природних умов виявити вплив лісового покриття на складники сумарного випаровування, водоутримувальну місткість системи «насадження – ґрунт» і схиловий стік для цих басейнів досить проблемно. Однак тут чітко виражений вплив лісистості водозборів на зменшення максимального стоку води в паводки та збільшення меженного стоку в сухі сезони року, а також зростання річного об'єму глибинного ґрунтового живлення річок [7]. Показник збільшення останнього виду стоку вважається основним критерієм гідрологічної ролі лісу для річкових басейнів [1, 6]. Отже, на цьому рівні можна кількісно оцінити стокорегульовальну і водоохоронну (в значенні примноження підземних ресурсів вод) роль лісового покриття. У системі заходів по оптимізації водного режиму гірських лісів басейнам річок повинно відводитися першочергове значення як об'єктам збереження і підвищення лісистості.

Для вияснення стокорегульовального і водоохоронного впливу лісу на цьому рівні найбільш придатні багаторічні характеристики водності і режиму річок – приток першого і другого порядків головних водних артерій регіону. Площа їх басейнів коливається переважно в межах 30-250 км² і, як правило, розміщена в межах однієї лісової формації. Характеристики лісового покриття і процент лісистості таких басейнів визначаються за лісовпорядними матеріалами, а показники стоку їх річок та атмосферних опадів – за даними гідрометеослужби.

Аналіз залежності стоку води від проценту лісистості водозборів проводиться на основі порівняння показників стоку річок басейнів-аналогів, тобто водозборів, що розміщені в безпосередньому сусідстві один з одним у подібних ґрунтово-кліматичних, лісорослинних і геоморфологічних умовах із однаковими величинами опадів і площ, нахилами річок, але з різним процентом лісистості. Досить результативним є кореляційний метод аналізу, з допомогою якого для великої

сукупності водозборів, розміщених у межах гірського мегасхилу або фізико-географічної області, визначається тіснота зв'язків та емпіричні залежності між опадами, висотою, площею, лісистістю, нахилом водозборів та гідрологічними показниками їх річок [8].

Із наведеного випливає, що проведення досліджень гідрологічної ролі лісу на трьох ієрархічних рівнях формування водного режиму може забезпечити:

1) з'ясування механізму регулювання лісом вологи залежно від кліматичних, метеорологічних, ґрунтово-геоморфологічних і лісорослинних умов, а також віку, складу й інших таксаційних показників насаджень, проценту лісистості водозборів та лісогосподарської діяльності;

2) кількісну оцінку багатогранних захисних функцій лісу: водорегулювальних, ґрунтозахисних, стокорегулювальних і водоохоронних, їх зміни під впливом лісокористування і лісовідновлення;

3) опрацювання екологічно виважених, найбільш придатних для гірських умов способів і режимів ведення господарства, починаючи від таксаційних виділів і закінчуючи екосистемами басейнів річок;

4) визначення критичної та оптимальної лісистості для різних водозборів;

5) моделювання і прогнозування гідрологічних процесів та їх змін у зв'язку із господарською діяльністю.

Список літератури

1. Битюков Н.А. Гидрологическая роль горных лесов Северо-Западного Кавказа: автореф. дис. д-ра биол. наук: 03.00.16 / Ин-т лесоведения. – М.: 1996. – 53 с. 2. Горшенин Н.М. Влияние сплошных рубок леса на режим речного стока в горных условиях Карпат / Н.М. Горшенин // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1959. – № 11. – С. 90-97. 3. Дьяков В.Н. Влияние состава насаждений на водный режим горных почв Карпат / В.Н. Дьяков // Лесоведение. – 1976. – № 1. – С. 11-17. 4. Ефремов Д.Ф. Итоги и задачи лесогидрологических исследований на Дальнем Востоке / Д.Ф. Ефремов, В.И. Таранков // Всесоюзное совещание по водоохранно-защитной роли горных лесов: Тезисы докл. – Красноярск, 1975. – Ч. I. – С. 22-25. 5. Киселевский-Бабинин Р.Г. Гидрологические особенности бурых лесных почв под насаждениями разного возраста в зоне дубово-буковых лесов Карпат / Р.Г. Киселевский-Бабинин // Лесоводство и агролесомелиорация. – К.: Урожай, 1965. – Вып. 3. – С. 151-160. 6. Михович А.И. Методика количественной оценки водорегулирующей роли леса / А.И. Михович. – К.: Урожай, 1969. – 24 с. 7. Олійник В.С. Водоохранная и водорегулирующая роль горных лесов Карпат / В.С. Олійник // Гидрологическая роль лесных геосистем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – С. 73-79. 8. Олійник В.С. Гідрологічна роль лісів Українських Карпат / В.С. Олійник. – Івано-Франківськ: НАІР, 2013. – 232 с. 9. Поляков А.Ф. Водорегулирующая роль горных лесов Карпат и Крыма и пути оптимизации при антропогенном воздействии / А.Ф. Поляков. – Симферополь, 2003. – 220 с. 10. Чубатий О.В. Гірські ліси – регулятори водного режиму / О.В. Чубатий. – Ужгород: Карпати, 1984. – 104 с. 11. Шпак И.С. Влияние леса на водный баланс водосборов / И.С. Шпак. – К.: Наукова думка, 1968. – 284 с.

Критерії оцінки гідрологічної ролі лісів Карпат

Олійник В.С.

Охарактеризовано фізико-географічні умови трьох рівнів формування водного режиму в гірських лісах – однорідних ділянках схилів, водозборів потоків і басейнів річок. Розглянуто методичні особливості проведення на них воднобалансових досліджень. Визначено критерії оцінки гідрологічних функцій лісу і його змін під впливом господарської діяльності.

Ключові слова: гідрологічна роль лісу, водозбір, опади, паводки, річковий стік, лісистість, лісогосподарська діяльність

Критерии оценки гидрологической роли лесов Карпат

Олийник В.С.

Охарактеризованы физико-географические условия трех уровней формирования водного режима в горных лесах – однородных участков склонов, водосборов ручьев и бассейнов рек. Рассмотрены методические особенности проведения на них воднобалансовых исследований. Определены критерии оценки гидрологических функций леса и его изменения под влиянием хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: гидрологическая роль леса, водосбор, осадки, паводки, речной сток, лесистость, лесохозяйственная деятельность

Criteria for the hydrological role of forests evaluating in the Carpathians

Olijnyk V.S.

The characteristic of physico-geographic conditions for the water regime formation on three levels (homogeneous slopes, streams and watershed basins) in the mountain forests are presented. Methodical specialties for the water-balance research are noted. The criteria of the forest hydrological functions evaluation and its changes under the influence of a human activity are defined.

Keywords: hydrological role of forests, watershed, precipitation, floods, river runoff, forest cover, forestry activities

Надійшла до редколегії 08.10.2014

УДК 556.06+551.5

Бойко В.М.¹, Петренко Л.В.¹, Щербак А.В.²

¹Український гідрометеорологічний центр Державної служби України з надзвичайних ситуацій, м. Київ

²Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ

*Присвячується світлій пам'яті відомого гідролога
Анатолія Васильовича Щербака*

КОРОТКОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЬДОВОГО РЕЖИМУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ ЗА ФІЗИКО-СТАТИСТИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ ІСЕ_1_5

Ключові слова: льодовий режим, короткостроковий прогноз, фізико-статистичний метод, прогностична система

Актуальність питання. Успішне функціонування багатьох галузей економіки, залежних від водного фактору, значною мірою визначається рівнем їх інформованості щодо фактичних і очікуваних характеристик гідрологічного режиму водних об'єктів як у довгостроковій, так і короткостроковій перспективі. Серед усього обсягу оперативних гідрологічних прогнозів, які складаються і надаються споживачам, особливе місце займають прогнози строків настання фаз льодового режиму, насамперед тому, що методологія їх підготовки тісно пов'язана з аналізом синоптичних процесів над значними територіями і метеорологічними прогнозами параметрів погоди (температури повітря, швидкості вітру, хмарності).

Прогнози характеристик льодового режиму необхідні при плануванні режимів роботи і експлуатації водогосподарських комплексів, гідроенергетичних систем, гідротехнічних споруд, об'єктів комунального господарства, при будівництві доріг, мостових переходів тощо. Одним із головних споживачів таких прогнозів є також річковий транспорт та організації, що планують строки навігації та забезпечують її проведення [1].

В залежності від строків складання і дії того чи іншого гідрологічного прогнозу, вони поділяються на довгострокові (завчасність від 15 діб і більше) та короткострокові (завчасність менша за 15 діб). Такий поділ гідрологічних прогнозів за їх завчасністю прийнято в оперативній гідрології гідрометслужби України [2], хоча у світовій гідрологічній практиці виділяють окремо ще й середньострокові прогнози, термін дії яких дорівнює 2-10 діб [3].

Безумовно, що для завчасного й найбільш раціонального планування своїх завдань і виробничих процесів споживачі потребують точних довгострокових прогнозів. Проте при складанні оперативних прогнозів із значною завчасністю, не завжди є змога врахувати всі зміни чинників, що формують прогнозоване явище чи процес. Це стосується усіх прогнозів водного і льодового режиму, які випускаються із завчасністю більше 20-40 діб. Наприклад, довгостроковий прогноз строків появи льодових явищ на річках басейну Дніпра випускається 20-21 жовтня при середніх багаторічних строках їх утворення 20 листопада - 7 грудня. Прогноз строків встановлення льодоставу складається 2-3 листопада при середніх строках замерзання від 12 до 26 грудня.

Безперечно, що за такий період від дати випуску прогнозу до дати здійснення прогнозованого явища можливі значні зміни метеорологічних умов, які не завжди можна врахувати заздалегідь. Тим більше, що в останні десятиліття чинники гідрологічного режиму і його характеристики значно відрізняються від середніх за багаторіччя. В таких умовах зростає роль короткострокових прогнозів загалом і прогнозів фаз льодового режиму, зокрема. В оперативній практиці такі прогнози уточнюють довгострокові, дозволяють звужити діапазон очікуваних строків настання фаз льодового режиму та конкретизувати ділянки водних об'єктів. Як правило, вони використовуються споживачами для коригування планових виробничих процесів, вжиття необхідних управлінських і організаційних заходів. До того ж у короткостроковому порядку є більше можливостей врахувати прогноз розвитку гідрометеорологічної ситуації, зокрема прогноз ходу температури повітря за регіональними метеорологічними моделями.

Науково-методичні засади короткострокових прогнозів характеристик льодового режиму. Фізичні основи методів короткострокових прогнозів строків настання фаз льодового режиму, динаміки товщини і міцності криги на річках і водосховищах розроблені Л.Шуляковським і С.Булатовим. В основу методик цих прогнозів покладено розрахунок теплообміну водної маси або льодового покриву з атмосферою та ложем водного об'єкту [4]. Реалізація методу теплового балансу для його практичного застосування потребує значного обсягу даних спостережень, які не завжди можна отримати в оперативному режимі. Тому більш широко в оперативній гідрології використовують методики фізико-статистичного типу, які ґрунтуються на статистичних залежностях між гідрометеорологічними чинниками, що визначають настання умов утворення тієї чи іншої фази (характеристики) льодового режиму. Встановлюють такі залежності за даними багаторічних спостережень гідрологічних постів і метеорологічних станцій; їх застосування зазвичай обмежується конкретним гідрологічним створом чи ділянкою водного об'єкту [4].

Метеорологічні чинники на період завчасності гідрологічного прогнозу можуть бути враховані як середні багаторічні величини, як їх значення певної ймовірності, або ж, як найкращий варіант, взяті з відповідного метеорологічного прогнозу. До недавнього часу оперативні метеорологічні прогнози не завжди відповідали вимогам гідропрогностичної практики. Але з розвитком чисельних метеорологічних моделей та їх адаптації до певних фізико-географічних районів з'явилися

можливості врахувати результати чисельних метеопрогнозів при розробці науково-методичних засад прогнозування і використовувати їх при складанні оперативних прогнозів.

Автори статті не ставили за мету зосереджуватися на науково-методичних засадах короткострокових льодових прогнозів, оскільки вони добре описані у відомій науковій та навчальній літературі. Головну увагу ми приділили використанню фізико-статистичного підходу для розробки оперативних методик складання льодових прогнозів на водних об'єктах України та його практичному застосуванню.

Компоненти прогностичної системи. Прогностична система (модель) **ICE_1_5**, яка є предметом цієї статті, представляє собою практичну реалізацію фізико-статистичних методик короткострокового прогнозування льодових явищ на головних річках і водосховищах України з урахуванням прогнозу температури повітря та швидкості вітру на 10 діб. Ця система була розроблена в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (УкрНДГМІ) у 2003-2005 рр. під керівництвом кандидата географічних наук, старшого наукового співробітника А.В.Щербака на замовлення Українського гідрометеорологічного центру (УкрГМЦ). Параметри фізико-статистичних залежностей були встановлені на основі аналізу і обробки багаторічних відомостей про характеристики льодових явищ та гідрометеорологічні чинники, які визначають льодові процеси на річках і водосховищах України [5].

Система **ICE_1_5** включає п'ять методик, призначених для короткострокового прогнозування характеристик льодових явищ в осінньо-зимовий і весняний періоди на річках і водосховищах України, а саме [5]:

- строків появи льодових явищ (**ICE_1**),
- строків встановлення льодоставу (**ICE_2**),
- наростання товщини льодового покриву (**ICE_3**),
- строків скресання річок (**ICE_4**),
- строків початку руйнування льодового покриву (дрейфу льоду) на водосховищах та очищення їх від льоду (**ICE_5**).

Строки появи льодових явищ визначають в залежності від накопичення середніх добових від'ємних температур повітря $\sum \Theta_-$, які необхідні для зниження температури води у водному об'єкті до кристалізації водної маси, тобто практично до 0°C [5]. Фактично встановлюється кількість днів від дати прогнозування, коли накопичена величина $\sum \Theta_-$ призводить до появи первинних льодових утворень.

Строки утворення льодоставу обчислюють за емпірико-статистичними зв'язками між сумою середньодобових від'ємних температур повітря $\sum \Theta_-$, необхідних для встановлення льодоставу (починаючи від дати появи льодових утворень) та тривалістю періоду, за який накопичується необхідна для цього величина $\sum \Theta_-$. Суми від'ємних температур повітря обчислюють за емпіричними рівняннями, складові яких враховують запас тепла у водній масі. Опосередкованими (непрямими) показниками теплозапасу у річках розробники методики прийняли рівень води на дату появи льодових явищ, у водосховищах - температуру води та швидкість вітру [5].

Для безпечного функціонування гідротехнічних споруд та проведення навігації у зимовий період важливою є інформація про товщину льодового покриву, прогнозування якої забезпечує методика ICE_3. Зміна товщини криги Δh_n за розрахунковий інтервал встановлюється в залежності від основних чинників, які впливають на процес її наростання чи зменшення: суми $\sum \Theta_-$ за розрахунковий

інтервал, висоти снігу на льоду, щільності снігу, теплопровідності снігу та льоду, а також товщини криги в строк прогнозування [5].

Скресання річок, руйнування льодового покриву на водосховищах та їх очищення від льоду відбувається внаслідок зменшення міцності криги під впливом припливу тепла та механічної дії потоку на льодовий покрив. Роль теплових і механічних чинників на процеси руйнування льодового покриву на водних об'єктах методики ICE_4 і ICE_5 враховують через відповідні параметри, які були встановлені розробниками шляхом оптимізаційних рішень. Отримані фізико-статистичні залежності пов'язують строки скресання річок і руйнування льоду на водосховищах з товщиною льоду та сумою позитивних середніх добових температур $\sum \Theta_+$ за період від дати їх переходу через 0° до дати скресання річки (руйнування льоду на водосховищах). Додатковими предикторами для річок є рівень води чи його зміна, для водосховищ – максимальна за добу швидкість вітру у поєднанні з емпіричним вітровим параметром. Строки очищення водосховищ від льоду прогножуються в залежності від наростання $\sum \Theta_+$ від початку його дрейфу [5].

Оперативна реалізація фізико-статистичної моделі. При виборі водних об'єктів для розробки прогностичних «льодових» методик її автори врахували потреби оперативного гідрометеорологічного забезпечення, а також обсяги гідрометеорологічних даних, доступних в оперативному (щоденному) режимі.

Об'єктами прогнозування є 23 ділянки водних об'єктів України, з них 12 - це ділянки річок Прип'ять, Стир, Горинь, Случ, Десна, Сула, Псел, Ворскла, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець і Дунай (українська ділянка). На водосховищах дніпровського каскаду прогнозування здійснюється для 10-ти ділянок, які виділені в залежності від морфометричних характеристик водойм та особливостей процесів теплообміну. Так, на Київському і Каховському водосховищах виділено по 2 ділянки, на Кременчуцькому - 3. Для решти дніпровських і для Дністровського водосховищ розрахунки виконують для всієї водойми, як для одної ділянки. Для кожного об'єкту прогнозування визначені гідрологічні пости і метеорологічні станції, результати спостереження яких слугують вхідними даними моделі.

Для оперативних розрахунків потрібні такі вхідні гідрометеорологічні дані:

- температура повітря і швидкість вітру у строки спостереження на метеорологічних станціях (кожні 3 години);
- рівень і температура води, товщина криги і висота снігу на ньому у строки спостереження на гідрологічних постах;
- прогноз температури повітря і швидкості вітру на період завчасності льодового прогнозу (до 5-10 діб).

Прогностична система має програмне забезпечення, яке об'єднує у єдиний програмний комплекс всі 5 методик і включає технологію автоматичного формування масивів вхідних даних з оперативної гідрометеорологічної бази УкрГМЦ. Суми середніх добових температур повітря та максимальна швидкість вітру на період завчасності гідрологічного прогнозу обчислюються за результатами розрахунків чисельної Голландської моделі статистичних даних, які УкрГМЦ отримує від однієї з європейських організацій. Але програмне забезпечення організовано так, що може бути підключена будь-яка інша метеорологічна модель.

Через діалогове вікно прогностичної системи (рис. 1) вибирається вид прогнозу і підключаються файли з вхідними гідрометеорологічними даними, в тому числі й прогнозовані значення метеорологічних параметрів.

Вхідні дані знаходяться у 4-х dbf файлах, які за допомогою спеціальних процедур щоденно наповнюються з оперативної гідрометеорологічної бази і записуються на FTP сервер УкрГМЦ. Гідрометеорологічні організації, які складають

прогнози за системою **ICE_1_5**, мають кодовий доступ до FTP сервера і можуть забирати всі необхідні для прогнозування файли з даними, які готує УкрГМЦ.

Вибір таблиці з гідрологічними даними для комплексу ICE Змінити

D:\UKR_NIGMI\BAZA\GIDRO.DBF

Вибір таблиці з метеорологічними даними для комплексу ICE Змінити

D:\UKR_NIGMI\BAZA\METEO.DBF

Вибір таблиці з даними снігозйомок для комплексу ICE Змінити

D:\UKR_NIGMI\BAZA\SNEG.DBF

Вибір таблиці з прогностичними даними для комплексу ICE Змінити

D:\UKR_NIGMI\BAZA\METEO_PROGNOZ.DBF

Вибір виду прогнозу із комплексу ICE

Прогноз строків появи льодових явищ (ICE_01)

Прогноз строків утворення льодоставу (ICE_02)

Прогноз наростання льодового покриву (ICE_03)

Прогноз строків скресання річок (ICE_04)

Прогноз строків очищення водосховищ (ICE_05)

Вихід

Рис.1. Діалогове вікно прогностичної системи **ICE_1_5**

Далі спеціаліст гідропрогнозист вибирає об'єкти прогнозування, розрахунковий період, а також вказує необхідні початкові умови, наприклад, для прогнозу строків встановлення льодоставу - дату фактичної появи льодових явищ (рис.2). Слід зауважити, що розрахунковий період обмежується періодом дії метеопрогнозу.

Спеціаліст може проаналізувати вхідні дані, які виводяться на монітор персонального комп'ютера, виправити чи доповнити їх.

Фактичний результат обчислень за методиками моделі **ICE_1_5** – це кількість діб від початку розрахункового періоду, коли можна очікувати настання (чи ні) прогнозованої фази льодового режиму, а також прогноз збільшення чи зменшення товщини криги за розрахунковий період. Результати розрахунків формуються у вигляді текстового файлу, зміст якого на прикладі обчислення за методикою **ICE_1** показано на рис. 3.

Допустимі похибки прогнозів наростання товщини льоду дорівнюють 5-7 см, строків настання льодових явищ - $\pm 2-4$ доби в залежності від завчасності прогнозу і регламентується діючими Настановами з оперативної гідрології.

Оперативні прогнози характеристик льодового режиму за моделлю ICE_1_5. У 2010 р., після проведення виробничих випробувань, прогностична система **ICE_1_5** була впроваджена в оперативну практику відділу гідрологічних прогнозів УкрГМЦ та ряду обласних гідрометеорологічних організацій гідрометслужби України. Під час виробничих випробувань було виконано низку доопрацювань. Так, була реалізована технологія автоматичного формування вхідних даних, підключено метеорологічний прогноз, внесені окремі зміни до переліку станцій і постів.

а)

б)

Рис.2. Вибір об'єктів і розрахункового періоду прогнозування:
а) прогноз строків появи льодових явищ;
б) прогноз строків встановлення льодоставу

П Р А Ц Ю Е П Р О Г Р А М А І С Е 1_0 3				
П Р О Г Н О З П О Я В И Л Ь О Д О В И Х Я В И Щ				
=====				
ПРОГНОЗУВАННЯ ВИКОНАНО 11.11.2014 р. о 16.22				
ПРОГНОЗ ПОЯВИ ЛЬДОВИХ ЯВИЩ				
=====				
НОМЕР ПОСТА	НАЗВА ПОСТА		ДАТА ПРОГНОЗУ	СТРОК ПОЯВИ ЛЬДОВИХ ЯВИЩ
=====				
5	Десна	- Чернігів	10.11.2014	8
6	Сула	- Ромни	10.11.2014	6
СТРОК ПОЯВИ ЛЬДОВИХ ЯВИЩ-ЦЕ				
КІЛЬКІСТЬ ДНІВ ПІСЛЯ ДАТИ ПРОГНОЗУВАННЯ				

Рис.3. Результат розрахунку очікуваних строків появи льодових явищ за методикою ICE_1 прогностичної системи ICE_1_5

Розрахунки за методиками прогностичної системи **ICE_1_5** розпочинають, як правило, у листопаді, в залежності від фактичної температури повітря (після переходу через 0°C у бік від'ємних значень) та її прогнозу. У період з льодовими явищами і льодоставом розрахунки виконують практично щоденно з тим, щоб завчасно й достовірно інформувати споживачів про зміни характеристик льодового режиму. За результатами розрахунків складаються короткострокові прогнози і попередження про очікувані строки настання фаз льодового режиму, а також прогнози товщини льодового покриву. Прогнози і попередження вміщують на сайт УкрГМЦ, публікують у щоденному гідрологічному бюлетені, передають

зацікавленим споживачам у вигляді спеціально оформлених текстів, а також використовують для інформування державних установ, зокрема ДСНС України.

Важливе практичне значення прогнози льодового режиму мають для планування строків закриття і відкриття навігації, її проведення у зимовий період. Так, у листопаді 2012 р. виникла необхідність продовження зимової навігації на Дніпрі і дніпровських водосховищах у грудні. Відділ гідрологічних прогнозів УкрГМЦ забезпечив її інформаційно-прогностичну підтримку. За моделлю у грудні 2012 р. було розраховано 50 прогнозів строків появи льодових явищ і 16 прогнозів строків встановлення льодоставу на річках басейну Дніпра і водосховищах дніпровського каскаду. На основі цих прогнозів було складено і розповсюджено 7 попереджень із завчасністю 2-7 діб. Справджуваність прогнозів склала 92%, попереджень - 100%.

Висновки. Інформація про фактичний і очікуваний льодовий режим водних об'єктів необхідна багатьом галузям економіки і об'єктам господарювання для виконання своїх організаційних і виробничих функцій. Прогностична система **ICE_1_5**, розроблена в рамках науково-дослідної тематики УкрНДГМІ, дозволяє отримати прогнози характеристик льодового режиму (строків настання і товщини льоду) із завчасністю до 5-10 діб. Прогностичні методики побудовані на застосуванні фізико-статистичного методу і максимально враховують як особливості льодових процесів, так і інформаційну спроможність діючої гідрометеорологічної мережі. Значним плюсом оперативної реалізації моделі є зручний інтерфейс програмного забезпечення, технологія автоматичного формування вхідних даних і використання прогнозу метеопараметрів за чисельною метеорологічною моделлю. Програмне забезпечення дозволяє всім гідрометеорологічним організаціям використовувати однакові набори вхідних даних через відповідні процедури доступу до FTP сервера УкрГМЦ. На сьогодні точність і завчасність прогнозів і попереджень, які були складені на основі розрахунків за методиками цієї системи, є достатніми для вжиття споживачами необхідних підготовчих і організаційних заходів.

Список літератури

1. Правила експлуатації водосховищ дніпровського каскаду. – К.:УкрНДІВЕР. – 2003. – 175 с. 2. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування. – К.:УкрГМЦ. – 2012. – 120 с. 3. Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. Пятое издание. ВМО-№168. – 1994. – 808 с. 4. Руководство по гидрологическим прогнозам. Выпуск 3. Прогнозы ледовых явлений на реках и водохранилищах. – Л.: Гидрометеиздат. – 1989. – 168 с. 5. Розроблення системи короткотермінового прогнозування характеристик льодового режиму рівнинних річок України та водосховищ: Звіт про НДР/ УкрНДГМІ. – УДК 556.5.06+519.711.3; № ДР 0103U006511. – 2005. – 40 с.

Короткострокове прогнозування характеристик льодового режиму водних об'єктів України за фізико-статистичною моделлю ICE_1_5

Бойко В.М., Петренко Л.В., Щербак А.В.

Викладено основні результати застосування фізико-статистичного методу для розробки методик короткострокових прогнозів характеристик льодового режиму основних водних об'єктів України. Описано компоненти прогностичної системи, вимоги до вхідних даних, її практична реалізація. Показана важливість льодових прогнозів на прикладі зимової навігації на Дніпрі 2012.

Ключові слова: льодовий режим, короткостроковий прогноз, фізико-статистичний метод, прогностична система.

Краткосрочное прогнозирование характеристик ледового режима водных объектов Украины по физико-статистической модели ICE_1_5

Бойко В.М., Петренко Л.В., Щербак А.В.

Изложены основные результаты применения физико-статистического метода для разработки методик краткосрочных прогнозов характеристик ледового режима основных водных объектов Украины. Описаны компоненты прогностической системы, требования к исходным данным, ее практическая реализация. Показана важность ледовых прогнозов на примере зимней навигации 2012 г.

Ключевые слова: ледовый режим, краткосрочный прогноз, физико-статистический метод, прогностическая система.

Short-term forecasting of ice regime characteristics of water objects of Ukraine on the physical-statistical model ICE_1_5

Boyko V., Petrenko L., Scherbak A.

The main results of application of a physical-statistical method for development of short-term forecasting procedures for ice regime characteristics of the water objects of Ukraine are given. The components of the prognostic system, requirements to a source data, and its practical implementation are described. The importance of ice forecasts on the example of winter navigation on the Dnipro River in 2012 is shown.

Keywords: ice regime, short-term forecast, physical-statistical method, forecasting system.

Надійшла до редколегії 04.11.2014

УДК 556.16.06.55

Медведєва Ю.С.

Одеська національна морська академія

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СКЛАДОВИХ ВОДНОГО БАЛАНСУ ОЗЕРА КИТАЙ

Ключові слова: водний баланс, опади, річний стік, випаровування

Вступ. Для українського Придунав'я, де мешкає біля півмільйона чоловік, головними джерелами води є р. Дунай, озера і малі річки. Загальний водозабір із водних об'єктів басейну Дуная у межах України становить біля 2 км³ на рік або 5,8% від загального водозабору прісних вод в Україні [1]. Не дивлячись на величезні водні ресурси другої за розмірами річки Європи, значна частина населення та цілий ряд галузей економіки відчують дефіцит якісної води.

Одним з найбільших у придунайському регіоні є озеро Китай. Головним джерелом водообміну та водооновлення озера є р. Дунай. До 60-х років минулого сторіччя водообмін відбувався через природні протоки, які з'єднували озеро з річкою, шляхом вільного надходження і спрацювання води в залежності від рівнів води в Дунаї. Таким чином, динаміка рівнів води у водоймі відповідала їхній динаміці в р. Дунай. Характерною особливістю останніх десятиріч у зв'язку з глобальним потеплінням клімату є направлене поступове підвищення температур повітря і, як наслідок, зменшення водності річок, що живлять озера та збільшення випаровування води. При цьому, з одного боку, в умовах більш сухого клімату для підтримки стабільної продуктивності сільськогосподарських земель необхідним є збільшення об'ємів забору води з водойм на зрошування полів та водопостачання, а, з іншого - при значному випаровуванні води з поверхні озер і зниженні рівнів води у них, виникає проблема підвищення концентрації солей і загальної мінералізації водойм, що й на сьогодні значно перевищує встановлені вимоги до якості питної та зрошувальної води (до 1000 мг/дм³).

Мета роботи полягає у розрахунку складових водного балансу оз.Китай (на прикладі 2008 р.) та аналізі основних характеристик озера та річок, які його живлять.

Методи і результати дослідження. В роботі для оцінки гідрологічного режиму озера Китай використаний метод водного балансу, який визначається процесами надходження та втрат води у водоймі. Для розрахунку водного балансу здійснено обґрунтування науково-методичної бази щодо визначення його складових. В дослідженні використані матеріали галузевого моніторингу Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (ДГМО), Дунайського басейнового управління водних ресурсів (ДБУВР) та Одеського обласного управління водних ресурсів (Облводресурсів). Окремі складові, за відсутності надійних спостережень, визначались непрямими методами.

Рівняння водного балансу має вигляд (млн.м³):

$$(\sum V_i)_{np} - (\sum V_i)_{out} = V_{Pi} + V_{ri} + V_{bi} + V_{gi} + V_{dri} + V_{Di} - (V_{Ei} + V_{tri} + V_{fi} + V_{zi} + V_{D'i}) \quad (1)$$

де $(\sum V_i)_{np}$ – прихідна частина водного балансу; $(\sum V_i)_{out}$ – витратна частина водного балансу; V_{Pi} – атмосферні опади; V_{ri} – річковий стік; V_{bi} – бічний приплив; V_{gi} – приплив ґрунтових вод; V_{dri} – надходження дренажних і комунально-побутових вод; V_{Di} – стік р. Дунай; V_{Ei} – об'єм випаровування; V_{tri} – об'єм транспірації водною рослинністю; V_{fi} – об'єм фільтрації; V_{zi} – сумарний забір води з озера; $V_{D'i}$ – скиди води у р. Дунай; i – розрахунковий місяць.

Для розрахунку складових водного балансу були залучені такі вихідні гідрометеорологічні дані:

- рівні води в озері (отримані з Дунайського басейнового управління водних ресурсів);
- по опадах, які вимірювались на м/ст Ізмаїл, та випаровуванню – на м/ст Болград,;
- об'єми та площі водойм (отримані з кривих залежностей об'ємів та площ водної поверхні від рівнів води за даними батиметричних зйомок);
- загальні площі водозборів річок, які впадають в озеро;
- надходження ґрунтових вод (визначалось за результатами вимірювань при виконанні інтегрованого моніторингу в рамках проекту Tacis - 2001 р.);
- забори води з озер на комунально-побутове та інші види користування (отримані з Одеського Обласного управління водних ресурсів);
- величини, за якими спостереження не відбуваються чи не є регулярними, визначались за існуючими методиками [2].

Розрахунок прихідної частини рівняння водного балансу.

Об'єми надходження атмосферних опадів розраховувались шляхом перемноження площі водного дзеркала на кількість опадів, які надходять на площу водного дзеркала озера (для розрахункового місяця)

$$V_p = P \cdot F / 1000, \quad (2)$$

де P - кількість опадів по м/с Ізмаїл, мм; F – площа водного дзеркала (км²), яка відповідає середньомісячному рівню води в озері H_{cp} (мБС).

Річний стік, що надходить в озеро визначався як витрата води річкового стоку у межах розглядуваної території і розраховувався за формулою

$$\bar{Q} = \frac{\bar{q} \cdot F}{10^3}, \quad (3)$$

де $\bar{Q}$ – середньобогаторічна витрата води за рік, м³/с; $\bar{q}$ – середньобогаторічний модуль річного стоку (норма стоку), л/с·км²; F – площа водозбору річки, що живить озеро, км².

Норма стоку визначалась за методикою, заснованою на спільному розгляданні рівнянь водного і теплового балансів, запропонованою В.С.Мезенцевим і реалізованою для півдня України Є.Д.Гопченком і Н.С.Лободою [3].

Річковий стік з площі водозбору малих річок визначався з урахуванням забезпеченості року за формулою виду

$$Q_r = k_p \cdot \bar{Q}, \quad (4)$$

де k_p - коефіцієнт, що враховує забезпеченість року ймовірністю $P\%$.

Враховувалось, що забезпеченість річкового стоку дорівнює забезпеченості річних опадів.

Об'єм річного стоку невеликих річок в басейнах озер (млн.м³) розраховувався за формулою

$$V_r = Q_r \cdot 86400 \cdot 366 / 10^5 \quad (5)$$

Бічний приплив поверхневих вод з прилеглої до озера території розраховувався за співвідношенням між V_r і V_b , яке було встановлено під час виконання проекту Tacis-2001

$$V_b = 0.23 \cdot V_r \quad (6)$$

де V_b – бічний приплив; V_r – річковий стік.

Оскільки річковий та боковий приплив на протязі року розподіляються нерівномірно, то при розрахунках водних балансів по місяцях необхідно мати уявлення про внутрішньорічний розподіл стоку. Типова схема припливу ґрунтових вод по місяцях прийнята за методикою, що запропонована Н.С.Лободою[3] при узагальненні даних розчленування гідрографів невеликих річок Причорноморської низовини (у % від річної суми). Надходження ґрунтових вод до водозборів прийнято за розрахунками С.Д. Кузніченко [4].

Приплив дренажних вод (у тому числі й комунально-побутових зворотніх вод) приймався за нормативом Облводресурсів

$$V_{dr} = 0.2 \cdot V_z, \quad (7)$$

де V_z – забір води на зрошування (разом з іншими видами водокористування).

Розрахунок витратної частини рівняння водного балансу.

Об'єм випаровування з водної поверхні (мм) розраховувався шляхом перемноження площі водного дзеркала на випаровування з поверхні озера для розрахункових місяців

$$V_E = E \cdot F / 1000 , \quad (8)$$

де E – шар випаровування по м/с Болград, мм; F – площа водного дзеркала (км²), яка відповідає середньомісячному рівню води в озері Нср (мБС).

Транспірація водною рослинністю розраховувалась за допомогою перехідних коефіцієнтів в залежності від заростання водойми [5]. Приведена оцінка поправкового коефіцієнта прийнята для площі заростей водною рослинністю 30% і дорівнює 1,14.

Фільтрація води в береги. При відомих початкових і кінцевих рівнях води H_1 і H_2 і середній місячній величині фільтрації (0,55 млн.м³ в місяць) нескладно розподілити її пропорційно величинам середньомісячних рівнів води в озері H_{cp} . Тоді в i -ому місяці

$$(V_f)_i = 2.4 \cdot (k_f)_i , \quad (9)$$

де $(k_f)_i$ – перехідний коефіцієнт для розрахунку фільтрації, який дорівнює:

$$(k_f)_i = H_{spi} / H^* , \quad (10)$$

де H^* – середній річний рівень води в озері.

Достовірних даних про об'єми води, що надходить з р. Дунай, немає. Для місяців, коли відкривались шлюзи для наповнення водойми самопливним шляхом або відбувались підкачки води за допомогою насосних станцій, об'єми надходження дунайської води були обчислені зворотнім шляхом з рівняння водного балансу. Їх порівняння з даними, розрахованими в ДБУВР наводяться на рис.1. І як видно з ними узгоджуються.

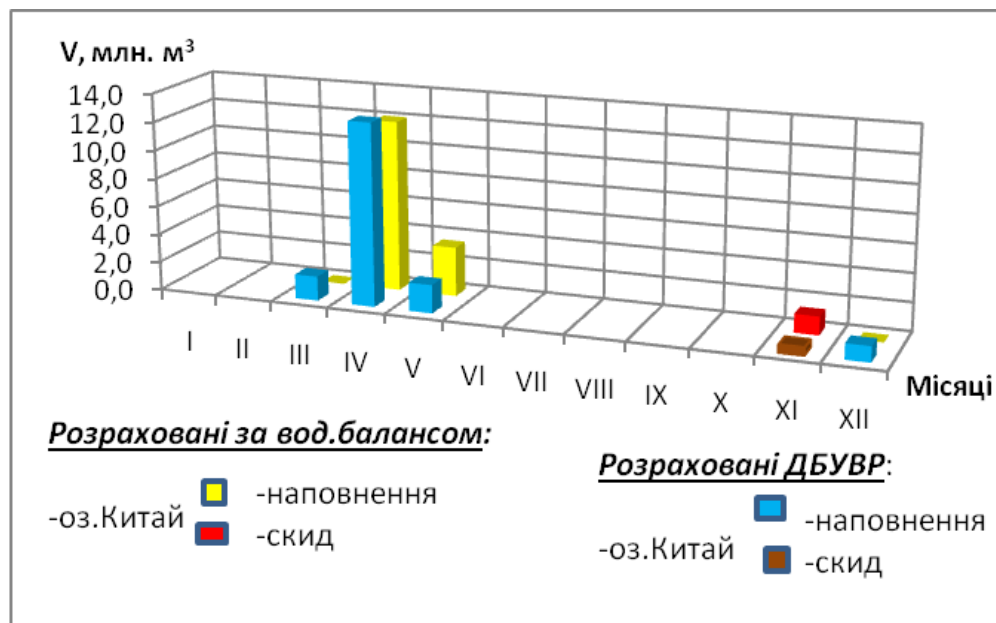


Рис.1. Порівняння розрахованих за водним балансом (1) та за даними ДБУВР величин водообміну оз.Китай з р.Дунай

Отриманні результати розрахунку складових водного балансу оз. Китай наведені в табл.1.

Таблиця 1. Складові водного балансу оз.Китай за 2008 р.

Рік		Прихідна частина						Витратна частина				
		V_p	V_r	V_b	V_g	V_{dr}	V_D	V_E	V_{tr}	V_f	V_z	$V_{D'}$
2008	10^6 м^3	19,7	10,7	2,0	1,5	0,3	15,5	47,2	1,8	5,8	1,5	1,3
	%	39,6	21,5	4,1	3,1	0,6	31,1	82,1	3,0	10,0	2,6	2,3

Прихідну частину водних балансів (V_p – атмосферні опади; V_r – річковий стік; V_b – бічний приплив; V_g – приплив ґрунтових вод; V_{dr} – надходження дренажних і комунально-побутових вод; V_D – стік р. Дунай) у найбільшій мірі визначають опади на водну поверхню озера (39,6%) та надходження води з р. Дунай самопливним шляхом (31,1%).

У витратній частині (V_E – об'єм випаровування; V_{tr} – об'єм транспірації водною рослинністю; V_f – об'єм фільтрації; V_z – сумарний забір води з озера; $V_{D'}$ – скиди води у р. Дунай) найбільший відсоток складає випаровування (82,1%). Інші величини не перевищують 10%.

При розрахунках водних балансів на величину кожного елементу буде накладатися деяка похибка. Накопичені похибки у сукупності обумовлюють нев'язки водного балансу.

На прикладі озера Китай виконати оцінку погрішності рівняння водного балансу досить складно. Основною причиною, перш за все, є те, що відсутні вимірювання водообміну між озером і р. Дунай. А інша пов'язана з обмеженою вимірною інформацією, взагалі.

У періоди наповнення оз. Китай та скидів води з нього нев'язки входять до складових водообміну з р. Дунай. Таким чином, нев'язки можливо визначити лише у період простою водойми, коли закриті шлюзи і не відбуваються підкачки з р. Дунай. Розраховані абсолютні нев'язки (у млн.м³) представлені на рис.2.

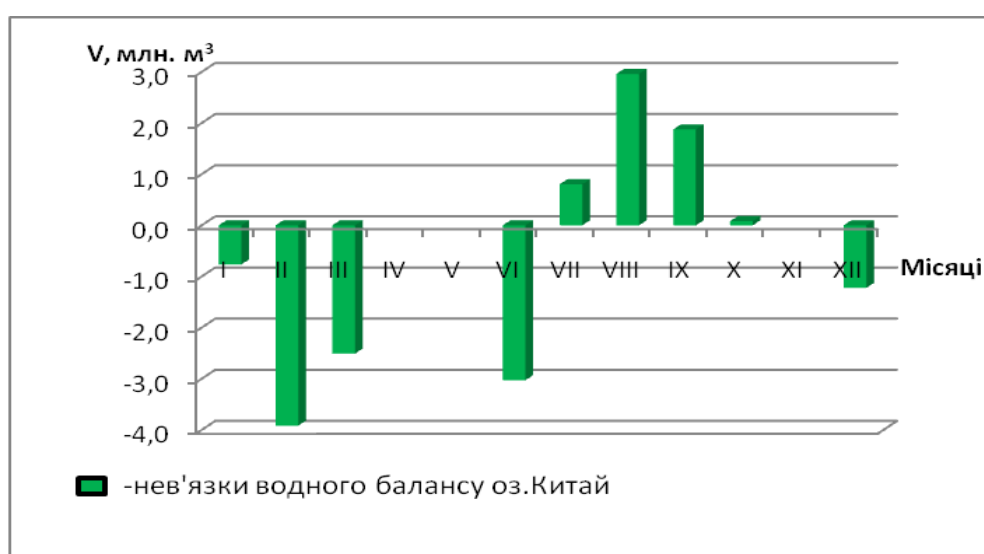


Рис.2. Нев'язки водного балансу оз.Китай (2008 р.)

Висновки. В результаті розрахунку водного балансу оз. Китай (на прикладі 2008 р.) встановлено, що прихідну частину у найбільшій мірі визначають опади на водну поверхню озера та надходження води з р. Дунай самопливним шляхом. У витратній частині найбільший відсоток складає випаровування з водної поверхні.

Дослідження водних балансів в інші роки та розрахунок сольових балансів дасть можливість перевірити точність розрахунків складових водних балансів та здійснити математичне моделювання з метою оптимального функціонування водойми та збереження його екологічної рівноваги.

Список літератури

1. *Природные ресурсы Украинского Придунавья* // Проект «Развитие трансграничного сотрудничества в сфере интегрированного управления водными ресурсами в Еврорегионе «Нижний Дунай». – Серия: Интегрированное управление водными ресурсами. Выпуск 2. – Одесса. – 2008. – 7 с. 2. *Гопченко Е.Д.* Применение методов статистического моделирования при оценке изменений годового стока рек под влиянием орошения / Е.Д.Гопченко, Н.С. Лобода // Метеорология и гидрология. – 1986. – №9. – С. 79-84. 3. *Гопченко Е.Д.* Водні ресурси північно-західного Причорномор'я (у природних і порушених антропогенною діяльністю умовах): моногр. / Є. Д. Гопченко, Н. С. Лобода. – К.: КНТ, 2005. – 192 с. 4. *Кузнichenko С.Д.* Про експлуатаційний режим озера Кугурлуй-Ялпуг / С.Д. Кузнichenko // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, 2003. – Вип.47. – с.356-361. 5. *Клибашев К.П.* Гидрологические расчеты / К.П. Клибашев, И.Ф. Горошков: под ред. А.И. Чеботарева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 458 с.

Методика розрахунку складових водного балансу озера Китай

Медведева Ю.С.

В статті розглядаються питання, пов'язані з оцінкою складових водного балансу озера Китай.

Ключові слова: водний баланс, опади, річний стік, випаровування.

Методика расчета составляющих водного баланса озера Китай

Медведева Ю.С.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с оценкой составляющих водного баланса озера Китай.

Ключевые слова: водный баланс, осадки, речной сток, испарение.

Method of calculating the components of the water balance of Kitay lake

Medvedieva Ju.S.

The questions dealing with Kitay lake water balance estimations are considered in this article.

Keywords: water balance, precipitation, river runoff, evaporation.

Надійшла до редколегії 30.10.2014

УДК 556.01

Шерстюк Н.П.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОЛТАВСЬКОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ВОДИ ТА ПЕРЕБІГ ГІДРОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

Ключові слова: *гірничо-збагачувальний комбінат, водні об'єкти, хімічний склад води, гідроліз, карбонатно-кальцієві рівноваги*

Вступ. Немає сумнівів, що гірничо-видобувна промисловість має значний вплив на довкілля, повністю змінюючи ландшафти. Видобуток корисних копалин відкритим або (та) закритим способами призводять до змін у підземних, поверхневих водах, ґрунтах, рослинності, повітрі. Частіше за все такі зміни є незворотними. У природно-техногенному ландшафті створюються нові елементи (кар'єри, промислові майданчики, хвостосховища, відвали та ін.). В наслідок цього природно-техногенна система розвивається і створює нові зв'язки, що має відбиток у існуючих природних елементах, якими є поверхневі води.

Вихідні передумови. Полтавський гірничозбагачувальний комбінат (ПолГЗК) – один з найбільших виробників залізорудної сировини в Україні. За виробництвом залізорудного концентрату підприємство посідає третє місце в Україні, за виробництвом залізорудних окатишів – друге. Частка об'єму вироблених окатишів на українському ринку становить 46,5%. Комбінат є основним експортером залізорудної сировини в Україні (85%).

ПолГЗК заснований в 1970 р., на даний час повністю приватизований.

Виробнича потужність ПолГЗК становить 14 млн. тонн залізорудного концентрату й 10 млн. тонн окатишів у рік. Комбінат має переробний комплекс, що складається із дробильних, збагачувальної фабрик і цеху з виробництва окатишів.

Сировинна база – три родовища Кременчуцької магнітної аномалії – Горишне-Плавнинське, Лавріковське, Єристовське. Загальні запаси залізної руди цих родовищ – 2,43 млрд. тонн. У цей час ведеться розробка одним кар'єром двох родовищ, а на третьому – Єристовському – виконуються підготовчі роботи для будівництва кар'єру.

У грудні 2002 р. на комбінаті вперше в Україні й у країнах СНД була впроваджена технологія флотації залізних руд, була введена в експлуатацію ділянка флотаційної доводки концентрату. Як реагент використовуються аміни «Лілафлот Д – 817» виробництва шведської фірми Акзо-Нобель. Дана технологія дозволяє випускати концентрат з вмістом заліза до 68%, кремнезему – 5 – 6% [1].

Технологія збагачення залізних руд передбачає будівництво та експлуатацію гідротехнічних об'єктів: хвостосховищ з аварійними ємностями, дренажних споруд навколо хвостосховищ та у дамбі, ставків оборотного водопостачання тощо. Техногенні водні об'єкти частіше за все утримують води з нетиповим хімічним складом, що утворює геохімічні аномалії і, відповідно до законів геохімії, – ареали розсіювання.

Формулювання цілей статті, постановка завдання. Основою ціллю дослідження є виявлення у водних об'єктах Полтавського гірничо-збагачувального комбінату (ПолГЗК) впливу на формування хімічного складу води у них. Для цього були вивчені природні умови території ПолГЗК, хімічний склад води водних об'єктів, розраховані найбільш типові процеси у воді водних об'єктів (гідроліз силікатів та алюмосилікатів, рівноваги у карбонатно-кальцієвій системі).

Виклад основного матеріалу дослідження. Кременчуцький залізорудний район розташований на лівому березі р. Дніпро (Полтавська область). Територіально район являє собою смугу (довжиною до 45 км і шириною 0,2 – 3,5 км), що простягається в північно-східному напрямку.

Даний район розташований в межах Полтавської рівнини Дніпровської низовини з природними абсолютними відмітками поверхні землі від 64 м (біля урізу води у водосховищі) до 75 м (у напрямку на північний-схід). Середні абсолютні відмітки поверхні складають 65 – 67 м. В даний час рельєф місцевості, у зв'язку з гірничими роботами, сильно змінений і ускладнений техногенними формами. Новий техногенний рельєф на даній ділянці представлений кар'єром ВАТ «Полтавський ГЗК», відвалами відкритих порід, каналами, різними насипами, техногенними водоймищами і хвостосховищем.

У геоморфологічному відношенні досліджуваний район відноситься до заплави і першої надзапавної тераси лівобережної частини долини р. Дніпро між річками Псел і Сухий Кобелячок [2].

Клімат району помірно-континентальний, характеризується помірно холодною зимою і теплим літом. Середньорічна температура повітря вище нуля і складає 6,6°C. Середня температура найбільш теплого місяця (липень) + 22°C, а максимальна - + 38 - 40°C. Мінімальна температура спостерігається в лютому, і в окремі роки досягає – 30 °C.

Середня сума річних опадів складає 450 – 500 мм, максимальна – 795 мм. Максимальна кількість опадів припадає на теплий період року (квітень – жовтень). Випадають атмосферні опади, в основному, у вигляді зливових дощів, що не сприяє поповненню запасів ґрунтових вод. Середньорічне випаровування з водної поверхні дорівнює 700 мм (при максимальному і мінімальному значеннях відповідно 850 і 500 мм) [3].

Гідрографічна мережа даного району представлена ділянкою Дніпра, а саме – Дніпродзержинським водосховищем, та річкою Сухий Кобелячок (рис. 1).

Дніпродзержинське водосховище – одне із шести великих водосховищ на Дніпрі, утворене в 1963-65 рр. греблею Дніпродзержинської ГЕС, біля с. Романкове. Водосховище знаходиться на території Дніпропетровської, Кіровоградської й Полтавської областей України. Площа 567 км², об'єм 2,45 км³, довжина 140 км, найбільша ширина 20 км, середня глибина 4,3 м. У найглибшому місці водойма досягає 16 м. На місці гирлових ділянок рр. Ворскла, Псел та інших утворилися великі затоки. Рівень водосховища практично підтримується на одній відмітці. Нормальний підпірний рівень водосховища становить 64,00 м (максимальне спрацювання рівня становить всього 0,5 м) [4]. Регулювання стоку у водосховищі здійснюється протягом доби. У Дніпродзержинському водосховищі бере початок канал Дніпро – Донбас.

Річка Сухий Кобелячок є лівою притокою Дніпра, довжина 85 км. Площа водозбірної басейну 970 км², ухил 0,9 м/км. Долина трапецієподібна, шириною до 3 км. заплава шириною до 200 м. Русло звивисте, шириною до 10 м, глибиною 1,2 м, на окремих ділянках розчищення, є ставки. Річкові води використовуються для водопостачання та зрошення. Русло річки у районі Полтавського ГЗК розчищено на 10 км від гирла.

У нижній течії режим річки зарегульований відводом води з біоінженерних споруд (БІС). Надлишкові води із хвостосховища перекачується у БІС, де очищуються та відводяться через гирло річки у Дніпродзержинське водосховище (див. рис. 1). Потужність БІС – 72 тис. м³ води за добу.

Хімічний склад води у водоймах хвостосховищ, Дніпрі та р. Сухий Кобелячок постійно контролюється як технічними службами хвостосховищ [214], так і екологічними службами комбінату. Середні показники хімічного складу води у водоймах Кременчуцької залізорудної зони за 1980 – 2013 рр. наведено у таблиці.

Особливості хімічного складу води Дніпра вивчалися багатьма вченими понад 70 років [5 – 7].

Хімічний склад води Дніпра формується в основному на верхній ділянці річки (до Києва) під впливом природних умов цього регіону і приток, що тут впадають, в основному Прип'яті і Десни, меншою мірою річок Березина і Сож. Величина мінералізації дніпровської води коливається в значних межах і залежить від ділянки річки, обсягу стоку, водності і сезону року. Мінімальними величинами мінералізації, жорсткості води і вмісту різних іонів характеризувалися води Дніпра в період весняного водопілля за рахунок розбавлення талими водами.

Домінуючими іонами сольового складу води Дніпра на всій його течії і в усі сезони року є HCO_3^- (42 – 45 %-екв.) і Ca^{2+} (30 – 35%-екв.). За величиною мінералізації та іонному складу дніпровська вода, відповідно до класифікації поверхневих вод О. О. Алекіна, відноситься до гідрокарбонатного класу групи кальцію (гідрокарбонатно-кальцієва другого типу) [8].

Будівництво в басейні Дніпра каскаду водосховищ із загальною площею дзеркала 6974 км² стало причиною значної зміни гідрологічного режиму річки. У водосховищах різко знизилася швидкість течії води – від переважаючих в Дніпрі швидкостей течії 0,6 – 0,8 м/с до 0,3 – 0,02 м/с у водосховищі, а також інтенсивність турбулентного перемішування води. В залежності від морфометрії і положення в каскаді водосховища, а також сезону року в 5 – 24 рази зменшилися водообмін і проточність, що зумовило створення застійних зон [44].

В результаті будівництва водосховищ змінився і хімічний склад води. Цьому поряд зі зміною гідрологічних характеристик річки сприяли інші чинники, зокрема затоплення великих територій ландшафту, в тому числі ділянок, зайнятих раніше населеними пунктами, високопродуктивними чорноземами, заплавними сінокісними луками, пасовищами, біогенні та органічні речовини яких інтенсивно поступали в воду.

На території Полтавського ГЗК протікає ліва притока Дніпра – річка Сухий Кобелячок. Русло річки біло змінено при будівництві хвостосховищ ПолГЗК. Зараз у р. Сухий Кобелячок відведено скиди з біоінженерних споруд (БІС). У БІС відбувається біологічне очищення надлишкових вод із хвостосховища ПЗК та металургійного заводу «Ворскла Сталь». Крім того, побудований дренажний канал для скиду паводкових вод з річки у III відсік хвостосховища.

На території Полтавського ГЗК на Дніпродзержинському водосховищі знаходиться 6 пунктів спостережень, а на р. Сухий Кобелячок – 3 (див. рис. 1).

Мінералізація води у Дніпродзержинському водосховищі відповідає природному фону (0,4 – 0,6 г/дм³), але у двох пунктах спостереження відмічається переважання у катіонній групі натрію. Хімічний склад води у р. Сухий Кобелячок не сталий за течією, що є наслідком техногенного впливу.

Попередніми дослідженнями виявлено вплив гірничо-видобувної промисловості на формування хімічного складу води у водних об'єктах [9].

Таблиця. Середні показники хімічного складу води у водних об'єктах Кременчуцької запізорудної зони, 1980 – 2013 рр.

№ з/п	Пункт спостережень	Хімічний склад												
		Символ	Назва хімічного типу води	Усереднена формула Курлова (2000-2010 рр.)	Класифікація Алекіна (індекс)		Водневий показник (рН)		Окиснюваність, мгО/дм ³ , максимум	рік	Мінеральні сполуки азоту, мг/дм ³ , максимум, рік			
					мінімум	максимум	мінімум	максимум			NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	
														рік
р. Дніпро (Дніпродзержинське водосховище)														
1	500м вище м.Комсомольськ	$M_{0,4} \frac{HCO^3_{51}SO^4_{36}}{Na_{41}Ca_{36}Mg_{23}}$	Сульфатно-гідророкарбонатний магнієво-кальцієво-натрієвий	$C_{Ca\ 0,3}^{I\ 2} \frac{Na\ 0,7}{S_{II\ 3}} \frac{2010}{2010}$	$\frac{7.04}{2010}$	$\frac{8.54}{2010}$	$\frac{56.2}{2010}$	$\frac{0.41}{2009}$	$\frac{0.03}{2010}$	$\frac{48.3}{2010}$				
2	Затока*	$M_{0,3} \frac{HCO^3_{43}SO^4_{33}Cl_{24}}{Ca_{49}Mg_{43}}$	Хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий	$C_{Ca\ 0,4}^{II\ 4} \frac{8.41}{2010}$	$\frac{6.0}{2010}$	$\frac{0.15}{2010}$	$\frac{0.03}{2010}$	$\frac{0.5}{2010}$						
3	500 м нижче БОС	$M_{0,4} \frac{HCO^3_{59}SO^4_{22}Cl_{19}}{Ca_{44}Mg_{29}Na_{27}}$	Хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий	$C_{Ca\ 0,2}^{IIIa\ 2} \frac{Na\ 0,7}{C_{IIIa\ 4}} \frac{2010}{1987}$	$\frac{7.02}{2012}$	$\frac{8.9}{1988}$	$\frac{49.7}{2010}$	$\frac{1.7}{1987}$	$\frac{1.5}{1988}$	$\frac{15.8}{2010}$				
4	500 м вище гирла р. Сухий Кобелячок	$M_{0,4} \frac{HCO^3_{57}SO^4_{28}Cl_{15}}{Ca_{43}Na_{36}Mg_{21}}$	Хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий	$C_{Ca\ 0,3}^{II\ 2} \frac{2010}{2010}$	$\frac{6.93}{2010}$	$\frac{8.61}{2010}$	$\frac{40.4}{2012}$	$\frac{0.15}{2009}$	$\frac{0.03}{2010}$	$\frac{21.0}{2010}$				
5	гирло р.Сухий Кобелячок	$M_{0,3} \frac{HCO^3_{59}SO^4_{27}}{Ca_{45}Na_{23}Mg_{22}}$	Сульфатно-гідрокарбонатний магнієво-натрієво-кальцієвий	$C_{Ca\ 0,3}^{IIIa\ 3} \frac{2010}{2010}$	$\frac{7.4}{2009}$	$\frac{8.3}{2008}$	$\frac{39.6}{2008}$	$\frac{0.1}{2009}$	$\frac{0.016}{2008}$	$\frac{0.5}{2009}$				
6	500 м нижче гирла р.Сухий Кобелячок	$M_{0,4} \frac{HCO^3_{55}SO^4_{28}Cl_{17}}{Na_{43}Ca_{41}Mg_{16}}$	Хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієво-натрієвий	$C_{Ca\ 0,3}^{II\ 2} \frac{2010}{2010}$	$\frac{7.1}{2012}$	$\frac{8.65}{2010}$	$\frac{48.7}{2010}$	$\frac{0.15}{2010}$	$\frac{0.04}{2013}$	$\frac{18.7}{2010}$				

№ з/п		Пункт спостережень	Хімічний склад													
			Усереднена формула Курлова (2000-2010 рр.)		Класифікація Алейка (індекс)		Водневий показник (рН)		Окиснюваність, мгО/дм ³ , максимум		Мінеральні сполуки азоту, мг/дм ³ , максимум, рік					
Символ		Назва хімічного типу води	мінімум	максимум	мінімум	максимум	мінімум	максимум	рік	рік	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ²⁻			
р. Сухий Кобелячок																
7	500 м вище впадіння обвідного каналу	$M_{0,6} \frac{HCO_3^{3-} SO_4^{4-} Cl_{18}}{Mg_{54} Ca_{34}}$	Хлоридно-сульфатно-гідроксидно-магнієвий	$C_{Mg 0,5}^{Mg 0,6} \frac{Cl_{II 6}}{Cl_{III 8}}$	2009	2010	2010	7.1	7.6	2008	2012	5.0	0.15	0.6	3.6	2009
8	с. Салівка *	$M_{3,5} \frac{Cl_{74} SO_4^{4-}}{Na_{74} Mg_{18}}$	Сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий	$Cl_{Na 3,5}^{Na 3,5} \frac{Cl_{III 5}}{Cl_{III 5}}$	2008	2008	2008	7.6	0.94	2008	2008	0.011	0.5	-	-	2008
9	500 м нижче впадіння обвідного каналу	$M_{1,7} \frac{Cl_{53} HCO_3^{3-}}{Na_{51} Mg_{27} Ca_{22}}$	Гідроксидно-магнієво-натрієвий	$Cl_{Na 2,1}^{Na 2,1} \frac{Cl_{III 11}}{Cl_{III 11}}$	2008	2010	2010	7.12	8.35	2007	2007	35.7	1.24	0.42	39.8	2010
Хвостосховище ПолГЗК																
10	(III відсік)	$M_{2,6} \frac{Cl_{50} SO_4^{4-} HCO_3^{3-}}{Na_{63} Mg_{22}}$	Хлоридно-сульфатно-гідроксидно-магнієво-натрієвий	$Cl_{Na 8}^{Na 8} \frac{Cl_{II 1,1}}{Cl_{II 1,1}}$	1987	2010	2010	7.2	8.9	1988	1987	59.4	4.5	3.0	91.4	2008
11	(I-II відсік)	$M_{2,9} \frac{Cl_{45} SO_4^{4-} HCO_3^{3-}}{Na_{64} Mg_{24}}$	Хлоридно-сульфатно-гідроксидно-магнієво-натрієвий	$Cl_{Na 10}^{Na 10} \frac{Cl_{II 1,5}}{Cl_{II 1,5}}$	1987	2009	2009	7.7	8.7	1989	1988	46.4	2.8	3.0	47.4	2009

Примітка. * - одиничні відбори проб води на хімічний аналіз.

Були досліджені процеси гідролізу силікатів та алюмосилікатів у воді водойм хвостосховища ПолГЗК, Дніпродзержинському водосховищі та р. Сухий Колебячок.

У воді водойми хвостосховища Полтавського ГЗК встановилася рівновага з хлоритом, що є нетиповим для природних водних об'єктів.

У Дніпродзержинському водосховищі у більшості спостережень відмічається встановлення рівноваг з Mg-монтморилонітом (рис. 2).

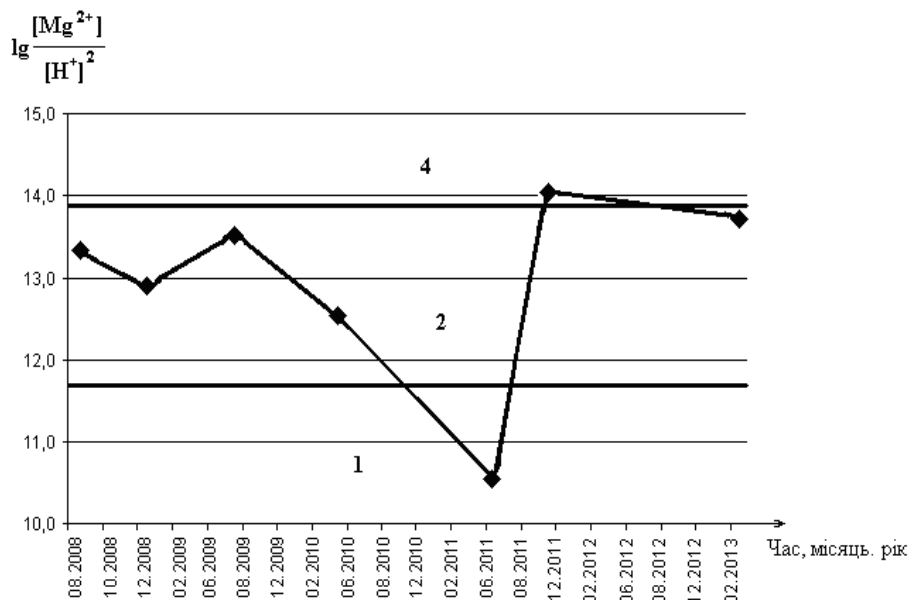


Рис. 2. Зміна у часі системи $HCl-H_2O-MgO-SiO_2$ при $t=25^0\text{ C}$ та $\lg[H_4SiO_4]=-3,75$ з нанесеними даними аналізів проб води з Дніпродзержинського водосховища, пункт 1, вище м. Комсомольськ за час спостережень, 2008 – 2013 рр.

Примітка. Номерами вказані поля усталеності мінералів: **1** – каолініт; **2** – Mg-монтморилоніт; **4** – хлорит.

На графіку (див.рис.2) перехід системи $HCl-H_2O-MgO-SiO_2$ до рівноваг з каолінітом (поле 1) є наслідком надходження вод іншого хімічного складу з Кременчуцького водосховища. Після цього рівноваги переходять у поле хлориту і знову повертаються до рівноваг з Mg-монтморилонітом, що є властивим даному водному об'єкту.

По р. Сухий Колебячок попередніми дослідженнями виділено дві ділянки: вище впадіння обвідного каналу – східна та нижче – південна. Ряди спостережень за хімічний складом досить короткі, спостереження проводилися за окремим завданням екологічною служби гірничо-збагачувального комбінату. Для аналізу встановлення ймовірних рівноваг розраховані середні значення хімічного складу води (рис. 3).

На верхній ділянці (див.рис.1) встановлюються рівноваги з Mg-монтморилонітом. За катіонним складом на даній ділянці річки переважаючим є іон магнію, що є результатом перебігу процесу гідролізу. На нижній ділянці річки встановлюються рівноваги з хлоритом, що є нетиповим для річкових вод. Такі ж рівноваги виявлені у хвостосховищі Полтавського ГЗК, що свідчить про посилений техногенний вплив на формування хімічного складу води у річці на цій ділянці.

Важливим процесом, що супроводжує гідроліз, є нейтралізація лужності, яка утворилася при цьому. За наявності у воді CO_2 частина лужності нейтралізується за реакцією:



Внаслідок цього частина продуктів гідролізу бере участь у реакції нейтралізації, що у свою чергу впливає на рівноваги у карбонатній системі.

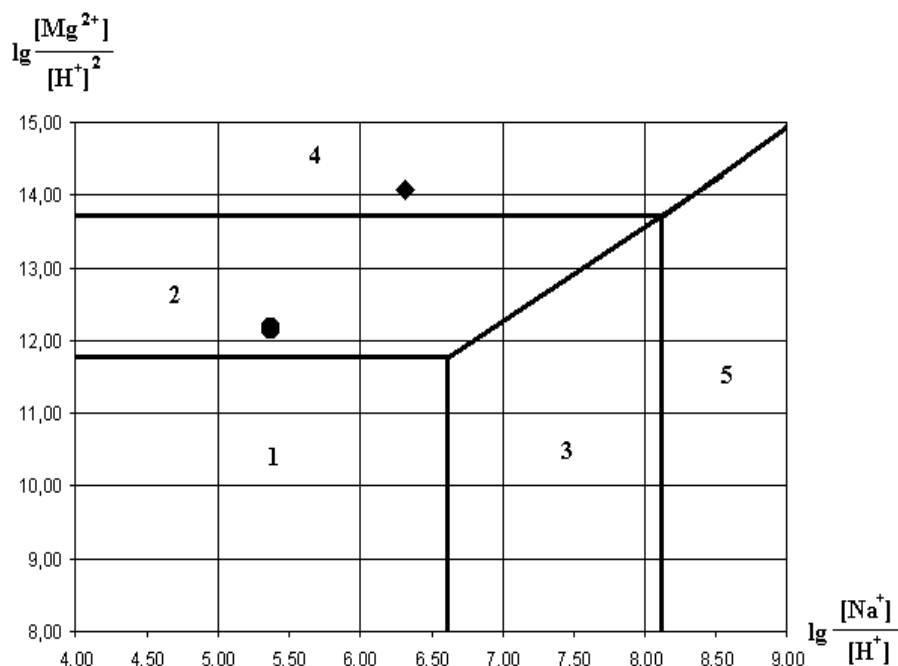


Рис. 3. Система $\text{HCl-H}_2\text{O-Na}_2\text{O-MgO-SiO}_2$ при $t=25^\circ\text{C}$ та $\lg[\text{H}_4\text{SiO}_4]=-3,75$ з нанесеними середніми даними аналізів проб води з р. Сухий Кобелячок (ПГЗК) за час спостережень, 2008 – 2013 рр.

Умовні позначення:

- - вище впадіння обвідного каналу
- ◆ - нижче впадіння обвідного каналу

Примітка. Цифри на графіку 1,2,4 – поля усталеності мінералів названі на рис.2; 3 та 5 – поля усталеності Na-монтморилоніту та альбіту (відповідно).

У воді Дніпродзержинського водосховища карбонатно-кальцієва система знаходиться у динамічній рівновазі. У більшості спостережень система рівноважна, але при зменшенні мінералізації (з $0,42 \text{ мг/дм}^3$ до $0,27 \text{ мг/дм}^3$) рівновага порушується і система стає схильною до розчинення, а згодом знов повертається до рівноважного стану.

По р. Сухий Кобелячок, що розділена на дві гідрохімічні ділянки, спостерігаються відмінності у карбонатно-кальцієвій системі на цих ділянках. На верхній ділянці карбонатно-кальцієва система знаходиться у рівновазі, на нижній ділянці – нижче обвідного каналу – система схильна до осадження CaCO_3 . Привертає до себе увагу те, що на нижній ділянці річки величини $\lg[\text{Ca}]=6,2$ та $\lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}^+]} = -2,62$ близькі до значень у хвостосховищі (відповідно, $6,03$ та $-2,8$), що підтверджує його вплив на формування хімічного складу води у річці на нижній ділянці.

Висновки.

1. На території видобутку та збагачення корисних копалин утворюються геохімічні аномалії.

2. Хімічний склад води у водних об'єктах на території Полтавського гірничо-збагачувального комбінату змінюється внаслідок скидів вод з біологічних інженерних споруд (нижня ділянка р. Сухий Кобелячок), фільтраційних втрат з хвостосховищ (ділянка Дніпродзержинського водосховища).

3. Техногенний вплив на формування хімічного складу води водних об'єктів найбільш точно виявляється аналізом гідрохімічних процесів (гідроліз силікатів та алюмосилікатів, рівноваги у карбонатно-кальцієвій системі).

4. Незважаючи на постійну увагу до проблем екології та вживання відповідних заходів із збереження довкілля, вплив гірничо-видобувної промисловості на хімічний склад поверхневих вод є неминучим. Це потребує вдосконалення системи гідрохімічного моніторингу та створення постійно діючої гідрохімічної моделі водних об'єктів зі зворотнім зв'язком.

Список літератури

1. Полтавський ГОК (ПГОК) г. Комсомольск [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://bp.ubr.ua/profile/-84> – 26.10.2014 г. 2. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / А.М. Маринич, В.М. Пашенко, П.Г. Шищенко и др. – К.: Наук. думка, 1985. – 224 с. 3. *Маринич О.М.* Фізична географія України: підручник / О.М. Маринич, П.Б. Шищенко. – К.: Знання, 2003. – 479 с. 4. Водне господарство України ; під ред. А.В. Яценка, В.М. Хорева. – К.: Генеза, 2000. – 456 с. 5. Гидрохимический атлас СССР / под. ред. А.М. Никанорова. – М.: ГУГК, 1990. – 112 с. 6. *Денисова А.И.* Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А.И. Денисова, В.М. Тимченко, Е.П. Пелешенко – К.: Вища школа, 1979. – 97 с. 7. *Осадчий В.І.* Вплив урбанізованих території на формування хімічного складу поверхневих вод басейну Дніпра / В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Н.М. Мостова // Наукові праці УкрНДГМІ. – К., 2002. – Вип. 250. – С. 242-261. 8. *Алекин О.А.* Гидрохимия рек СССР: монография / О.А. Алекин ; под ред. М.И. Львовича. – Ч. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1948. – 184 с. 9. *Шерстюк Н.П.* Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах : Монографія / Н.П. Шерстюк, В.К. Хільчевський. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2012. – 263 с.

Аналіз впливу Полтавського гірничо-збагачувального комбінату на хімічний склад води та перебіг гідрохімічних процесів у водних об'єктах

Шерстюк Н.П.

Розробка родовищ корисних копалин призводить до зміни хімічного складу води водних об'єктів, встановлення нетипових рівноваг у системі «хлорит-монтмориллоніт-каолінит» та карбонатної системи.

Ключові слова: гірничо-збагачувальний комбінат, водні об'єкти, хімічний склад води, гідроліз, карбонатно-кальцієві рівноваги.

Анализ влияния Полтавского горно-обогатительного комбината на химический состав воды и ход гидрохимических процессов в водных объектах

Шерстюк Н.П.

Разработка месторождений полезных ископаемых приводит к изменению химического состава воды водных объектов, установлению нетипичных равновесий в системе «хлорит - монтмориллонит - каолинит» и карбонатной системы.

Ключевые слова: горно-обогатительный комбинат, водные объекты, химический состав воды, гидролиз, карбонатно-кальциевые равновесия.

Analysis of the impact of Poltava mining and processing plant at the chemical composition of the water and move hydrochemical processes in water bodies.

Sherstuk N.P.

Mining leads to changes in the chemical composition of water bodies, the establishment of atypical balance in the system " chlorite - montmorillonite - kaolinite " and carbonate system .

Keywords: mining plant, water bodies, water chemistry, hydrolysis, carbonate-calcium balance.

Надійшла до редколегії 24.10.2014

Скоблей М.П.¹, Линник П.М.²

¹ Державна екологічна інспекція у Закарпатській області, м. Ужгород

² Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ВАЖКІ МЕТАЛИ У ВОДІ РІЧКИ ТИСИ: ВМІСТ, ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ (ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ)

Ключові слова: важкі метали; розчинна й зависла форми; завислі речовини; р. Тиса

Постановка та актуальність проблеми. Важкі метали належать до важливої групи хімічних забруднювальних речовин навколишнього середовища, у тому числі поверхневих водних об'єктів. Потрапивши у водойму чи річку, вони розподіляються між різними компонентами водної екосистеми (вода, завись, донні відклади, біотична складова) залежно від особливостей прояву та інтенсивності дії різних чинників середовища на їхній стан [4, 5, 9, 23]. Найчастіше розрізняють розчинну, завислу та седиментовану форми металів, стабільність яких залежить значною мірою від інтенсивності перебігу процесів, що відбуваються у водному середовищі й донних відкладах того чи іншого водного об'єкта, передусім, гідролізу, комплексоутворення, адсорбції та седиментації. Як відомо [4, 6], токсичність важких металів визначається не загальною їхньою концентрацією у воді чи донних відкладах, а формами знаходження. Найбільшою токсичністю для водяних організмів характеризуються так звані "вільні" (гідратовані) йони важких металів або аквакомплекси. Тому зниження концентрації цієї форми металів у воді слід розглядати з позицій екотоксикології як позитивне явище. Водночас, зазначені вище процеси сприяють такому зниженню завдяки трансформації "вільних" йонів металів та їхньому знаходженню у зв'язаному стані, де хімічна й біологічна їхня активність, а заодно й токсичність істотно знижуються. У різнотипних водних об'єктах детоксикація відбувається по-різному. В озерах, водосховищах і ставках з уповільненим водообміном, високою біопродуктивністю і, відповідно, підвищеним вмістом органічних речовин превалює комплексоутворення, завдяки якому метали знаходяться переважно у розчиненому стані. У річках, зазвичай, домінують адсорбційні процеси, оскільки маса завислих речовин у них завжди більша, а концентрація органічних сполук менша, ніж у водоймах. Хоча у річкових водах з високим вмістом гумусових речовин (наприклад, річки басейну Прип'яті) переважає комплексоутворення за їхньої участі [3, 20].

До екологічно несприятливих зон відносять Західну Україну як один з повененебезпечних регіонів Європи. Практично вся територія Закарпаття – це, по суті, водозбір басейну р. Тиса. Оцінка якості води в річках зазначеного басейну та й у самій р. Тисі набуває все більшого значення для оцінки негативних наслідків впливу різного типу хімічного забруднення на стан водної екосистеми цієї найбільшої річки в Карпатському регіоні.

Вирішення наукових проблем, пов'язаних з фоновими та екстремальними концентраціями важких металів у водних екосистемах, набуває все більшого значення. У зв'язку із зазначеним вище, дослідження співіснуючих форм важких металів у воді річок басейну Тиси представляється важливою науковою і практичною проблемою, оскільки їхня міграційна здатність може суттєво відрізнитись порівняно з такою для інших водних басейнів через особливість

формування хімічного складу води гірських річок та її фізичні властивості.

Дослідження вмісту та стану важких металів у річках гірського типу в межах України проводилися в недостатній мірі, що проявляється, передусім, у відсутності відповідної інформації. З іншого боку, результати таких досліджень можуть бути корисними з екологічних позицій при оцінці їхнього еколого-токсикологічного стану, а також з позицій водопостачання, у тому числі для питних цілей.

Метою цієї роботи стало узагальнення результатів комплексного дослідження важких металів у воді р. Тиса, проведеного за період з 2009 по 2013 рр., передусім, тих, що стосуються динаміки їхньої концентрації та розподілу між завислою й розчинною формами.

Матеріали і методи досліджень. Відбір проб води в р. Тисі здійснювався у двох транскордонних контрольних створах (сmt. Вилік і м. Чоп) з поверхневого горизонту (~ 0,5 м) щомісячно протягом 2009–2013 рр. У разі визначення загальної концентрації металів (Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Ni) у воді проби в поліетиленових бутлях консервували додаванням концентрованої нітратної кислоти кваліфікації "х. ч." до рН 2,0. При визначенні вмісту розчиненої форми металів проби води одразу після відбору фільтрували, використовуючи фільтри "синя стрічка". Фільтрати природної води консервували таким же чином, як і в попередньому випадку. Концентрацію зазначених вище металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією з використанням спектрофотометра ContrAA700. Джерелом стабільного й інтенсивного випромінювання у зазначеному спектрофотометрі була ксенонова лампа, спектр випромінювання якої безперервний у спектральному діапазоні 190–900 нм. Детектор ССД-матричний з підвищеною УФ-чутливістю і високою квантовою ефективністю.

Результати досліджень та їхнє обговорення. Річка Тиса – найбільша за площею басейну та довжиною притока Дунаю і друга після р. Сави за водністю. Площа її басейну становить 157186 км², а довжина – 966 км. Основна частина стоку р. Тиса формується на території чотирьох держав, зокрема Румунії (51%), України (25,6%), Угорщини (10%) та Словаччини (13,4%). На території України басейн Тиси повністю розташований в межах однієї області – Закарпатської. Це єдина область в Україні, де її адміністративні кордони співпадають з межами річкового басейну. Всі річки на території Закарпаття або безпосередньо впадають до Тиси, або до її приток і жодна не впадає до річок іншого басейну. Площа Закарпатської області і відповідно площа водозбору Тиси в межах України становить 12,8 тис. км². За витік Тиси прийнято вважати витік її найбільшої притоки – річки Чорна Тиса [7].

В басейні Тиси протікає 9429 річок, сумарна довжина яких складає 20631 км, а густина – 1,7 км/км². Здебільшого це малі річки, середня довжина яких не перевищує 2 км, а площі водозбору – 1,2 км². Лише 152 річки з довжиною понад 10 км. З них всього 4 річки, що мають довжину понад 100 км – Тиса, Латориця, Уж, Боржава. Загальний обсяг водних ресурсів басейну Тиси в межах України становить 13,3 км³ в середній за водністю рік, у тому числі 7,92 км³ за рахунок місцевого стоку. Від свого витіку до остаточного виходу на територію Угорщини р. Тиса протікає або по території України, або створює державний кордон з сусідніми країнами.

Загальна довжина р. Тиса в межах України – 265 км. Від витіку р. Чорна Тиса до с. Ділове Рахівського району р. Тиса протікає по території України (довжина ділянки 76 км, з них на Чорну Тису припадає 50 км). Далі впродовж 61 км вона створює державний кордон між Україною та Румунією. Нижче м. Тячів річка знову

протікає українською територією до с. Вилोक, вниз за течією впродовж 25 км створює державний кордон між Україною і Угорщиною, а нижче с. Бадалово на ділянці довжиною 77 км протікає угорською територією. Від с. Саловка правий берег Тиси знову стає українським, а лівий – угорським аж до с. Соломоново / м. Захонь. Довжина цієї ділянки 19 км. Нижче цього місця Тиса створює державний кордон між Словаччиною (правий берег) і Угорщиною довжиною 5 км, а після цього протікає Угорщиною і далі Сербією до злиття з Дунаєм.

Природна специфіка річкового басейну Тиси полягає в тому, що українська його частина розташована у верхів'ях басейну, де в основному формується хімічний склад води та більша частина її стоку. Повені – це звичне явище для р. Тиса. Вони відбуваються щороку по 3–6 разів протягом усіх сезонів і характеризуються різною висотою [7].

Ще однією специфікою є вулканогенні відклади в межах поліметалевих родовищ і рудопроявів у Карпатах, що стали причиною підвищених концентрацій важких металів (хрому, кадмію, купруму та інш.) у поверхневих та підземних водах внаслідок високої розчинності їхніх сульфатів [7]. Родовища корисних копалин, де видобувають цинк та свинець, знаходяться на території басейну поблизу населених пунктів Мужієво і Берегово. Відповідно, відстійники та хвостосховища – це потенційні джерела забруднення поверхневих та ґрунтових вод зазначеними металами.

Загальна концентрація важких металів. Нижче (рис. 1) наведено дані щодо загальної концентрації важких металів у воді р. Тиса у двох транскордонних контрольних створах. Серед досліджуваних металів найбільші концентрації властиві цинку з характерним широким інтервалом величин, який, до речі, спостерігався і для всіх інших досліджуваних металів. При цьому у транскордонному створі поблизу смт. Вилोक вміст цинку виявився нижчим майже в 1,8 рази, ніж у створі поблизу м. Чоп (за 2009–2013 рр. він становив у середньому 18,4 та 33,5 мкг/дм³). Цього не можна сказати для купруму, оскільки за середнім вмістом у воді істотної різниці не спостерігалось (середня концентрація протягом 2009–2013 рр. залишалася майже незмінною – 7,9 і 8,7 мкг/дм³ відповідно у контрольних створах поблизу смт. Вилोक і м. Чоп). Аналізуючи динаміку загальної концентрації хрому, слід зазначити, що протягом 2009–2011 рр. вона залишалась стабільно низькою (в середньому 0,65 та 0,57 мкг/дм³ в обох контрольних створах), а в 2012–2013 рр. зросла майже у 7–8 разів і становила в середньому 4,8 мкг/дм³. Приблизно таку ж ситуацію маємо і у випадку з плюмбумом – порівняно невисокі величини концентрації протягом 2009–2011 рр. (в середньому 2,2 і 2,7 мкг/дм³) та істотне збільшення вмісту (майже втричі) протягом 2012–2013 рр. Найменші величини загальної концентрації характерні для кадмію. У 2009–2011 рр. вони становили в середньому 0,37 та 0,58 мкг/дм³, але в наступні два роки зросли до 1,1 й 1,3 мкг/дм³ відповідно у створах смт. Вилोक та м. Чоп. Приблизно в таких же межах, як було встановлено раніше [14], знаходиться вміст кадмію у водосховищах Дніпра. Порівняно не високими середніми показниками вмісту у воді р. Тиса характеризується нікель. Загальна його концентрація в 2009–2011 рр. становила в середньому 1,4 та 1,9 мкг/дм³, а в 2012–2013 рр. вона зросла майже втричі, але була приблизно однаковою (4,3 мкг/дм³) у воді обох контрольних створів.

Нижче в таблиці узагальнено результати досліджень важких металів у воді р. Тиса, що були проведені іншими авторами в різні роки. Найбільше таких досліджень проведено в Угорщині. Вперше вони були виконані у 1978 р. і охоплювали всю ділянку річки в межах Угорщини [13]. Було встановлено, що концентрації деяких металів, зокрема цинку та кадмію, виявились надмірно високими, що пояснювалось

антропогенним забрудненням річки за рахунок стічних вод промисловості. Періодично високі концентрації металів проявляються і в сучасних умовах, що пов'язано також з низкою аварій, які відбувалися останніми роками на золотовидобувній копальні в м. Бая-Маре та гірничовидобувному підприємстві в м. Бая Борша (Румунія). Техногенні аварії та непередбачувані скиди стічних вод на цих підприємствах призводили до значного забруднення води р. Сомеш ціанідами та сполуками важких металів, а зі стоком цієї річки вони потрапляють у воду р. Тиса. Наприклад, ранньою весною 2000 р. внаслідок надходження забруднених стічних вод концентрації металів у поверхневих водах румуно-угорської прикордонної ділянки досягали міліграмових кількостей в 1 дм³, а саме Pb – 2,9 мг/дм³, Cu – 18,0 і 0,86 мг/дм³, Zn – 0,95 і 2,9 мг/дм³ [16]. Незрівнянно високі концентрації Zn, Cu, Cd та Pb характерні для тих річкових вод Румунії (у тому числі р. Сомеш – притока р. Тиса), що знаходяться в зоні впливу точкових джерел забруднення, що виникають внаслідок роботи гірничо-збагачувальних комбінатів [11, 18]. У воді угорської ділянки р. Сомеш концентрація цинку залишалась високою навіть через декілька років після аварійного скиду стічних вод, зокрема у 2006 р. вона досягала 270 мкг/дм³ [22].

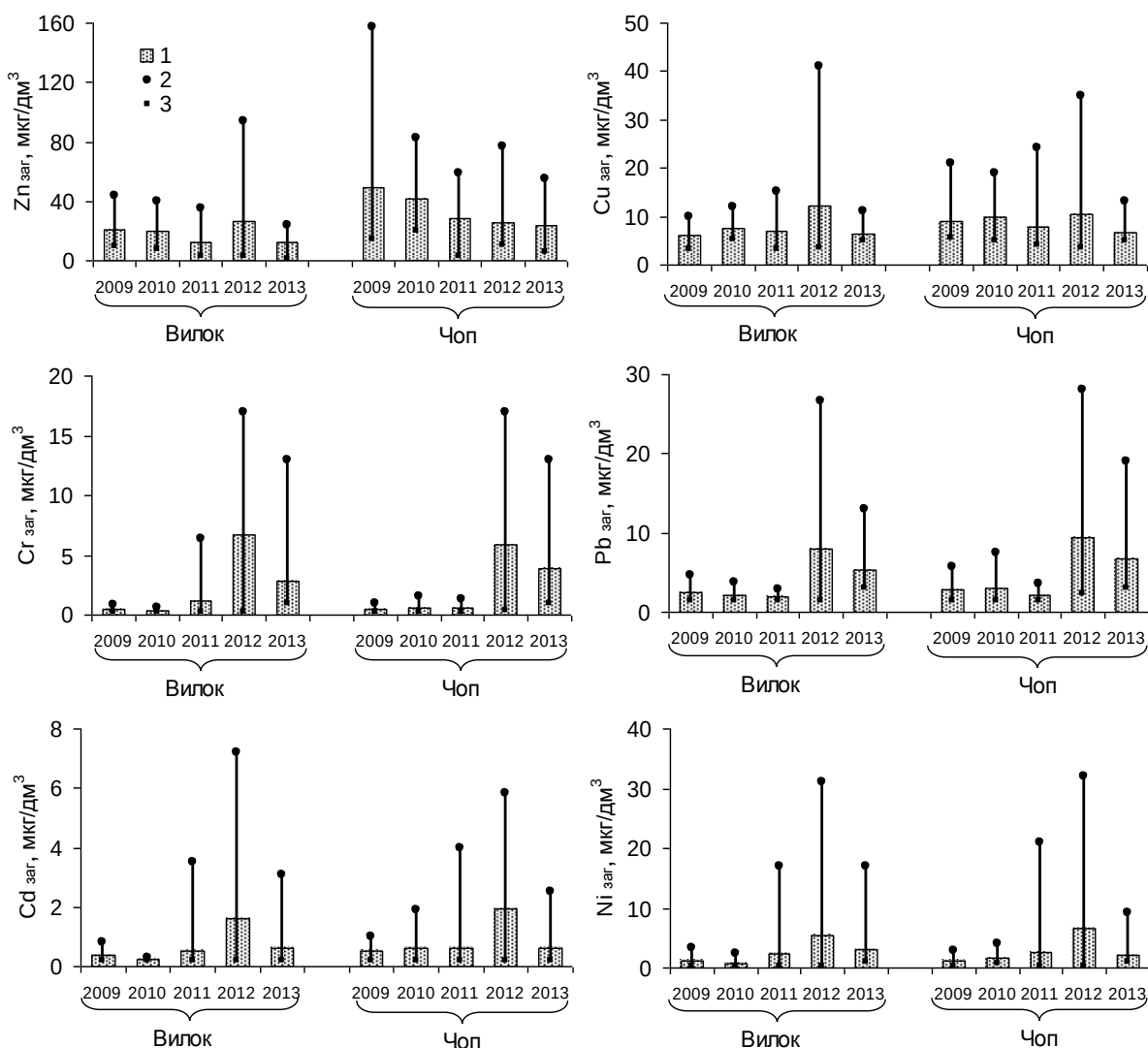


Рис. 1. Усереднені (1) та граничні величини (2, 3) загальної концентрації цинку, купруму, хрому, плюмбуму, кадмію й нікелю у воді р. Тиса за період 2009–2013 рр.

Таблиця. Величини загальної концентрації та вмісту розчинної форми деяких важких металів у воді р. Тиса за літературними даними

Досліджувані ділянки, країна	Роки досліджень	Метали	С _м , мкг/дм ³	Літературне джерело
Вся ділянка річки, Угорщина	1978	Zn	29,0–1080	[13]
		Cu	2,9–17,7	
		Cr	1,7–6,8	
		Pb	0,5–7,2	
		Cd	1,0–8,2	
Верхня ділянка, включаючи українську та угорську частини басейну	1992 (вересень) та 1995 (серпень)	Zn	< 6,0–19,0	[17]
		Cu	<u>1,5–7,0</u> 3,4	
		Cr	< 6,2	
		Pb	<u>< 1,0–11,0</u> 4,6	
		Cd	< 0,1–0,3	
		Ni	< 1,5–11,7	
Верхня ділянка, Угорщина	2001	Zn	10,0–25,0*	[12]
Річки басейну Тиси, у тому числі р. Тиса, Угорщина	2001–2003	Cu	6,3–25,0	[10]
		Cr	1,0–7,3	
		Pb	2,1–21,0	
		Cd	0,13–2,0	
		Ni	3,7–27,0	
Вся ділянка річки, Угорщина	2001 (вересень – жовтень)	Zn	12,0–200 8,0–26,0*	[15]
		Cu	6,0–54,0 1,2–6,3*	
		Cr	2,0–21,0	
		Pb	8,0–48,0	
		Cd	н.в.–1,5	
		Ni	1,5–20,0 0,7–2,8*	
р. Тиса поблизу р. Сомеш та вниз за течією, Угорщина	Після 2000 р.	Zn	<0,8–7,89	[24]
		Cu	1,13–3,35	
		Pb	<1,3–1,83	
		Ni	1,65–2,61	
Ділянка на території Угорщини і Сербії	2007 (серпень, вересень)	Zn	90,0	[21]
		Cu	35,0	
		Cr	3,0	
		Pb	23,0	
		Cd	0,8	
		Ni	3,0	
Ділянка на кордоні Угорщини та Сербії	–	Zn	2,3	[11]
		Cu	1,6	
		Pb	1,8	
		Cd	< 0,2	
Ділянка поблизу м. Хуст, Україна	2005–2009	Zn	10–121	[8]
		Cu	6–112	
		Pb	5–41	

Примітки: над рискою – граничні величини, під рискою – середні значення;

С_м – концентрація металу; * – розчинна форма.

Вміст розчинної форми металів. Результати визначення концентрації розчинної форми металів та дослідження її динаміки (рис. 2) свідчать про схожість з динамікою загального їхнього вмісту (див. рис. 1). Концентрація розчиненого цинку ($Zn_{розч}$) у воді р. Тиса у створі поблизу смт. Вилोक виявилася в 1,6 рази нижчою, ніж у створі поблизу м. Чоп (відповідно 9,3 та 14,8 $мкг/дм^3$). Різниця між вмістом $Cu_{розч}$ була незначною на досліджуваних ділянках – 5,9 і 6,5 $мкг/дм^3$. Водночас, концентрація $Cr_{розч}$, $Pb_{розч}$, $Cd_{розч}$ і $Ni_{розч}$ мало змінювалась протягом 2009–2011 рр. та істотно зростала в 2012–2013 рр. Про це вже йшлося вище при аналізі динаміки загальної концентрації зазначених металів.

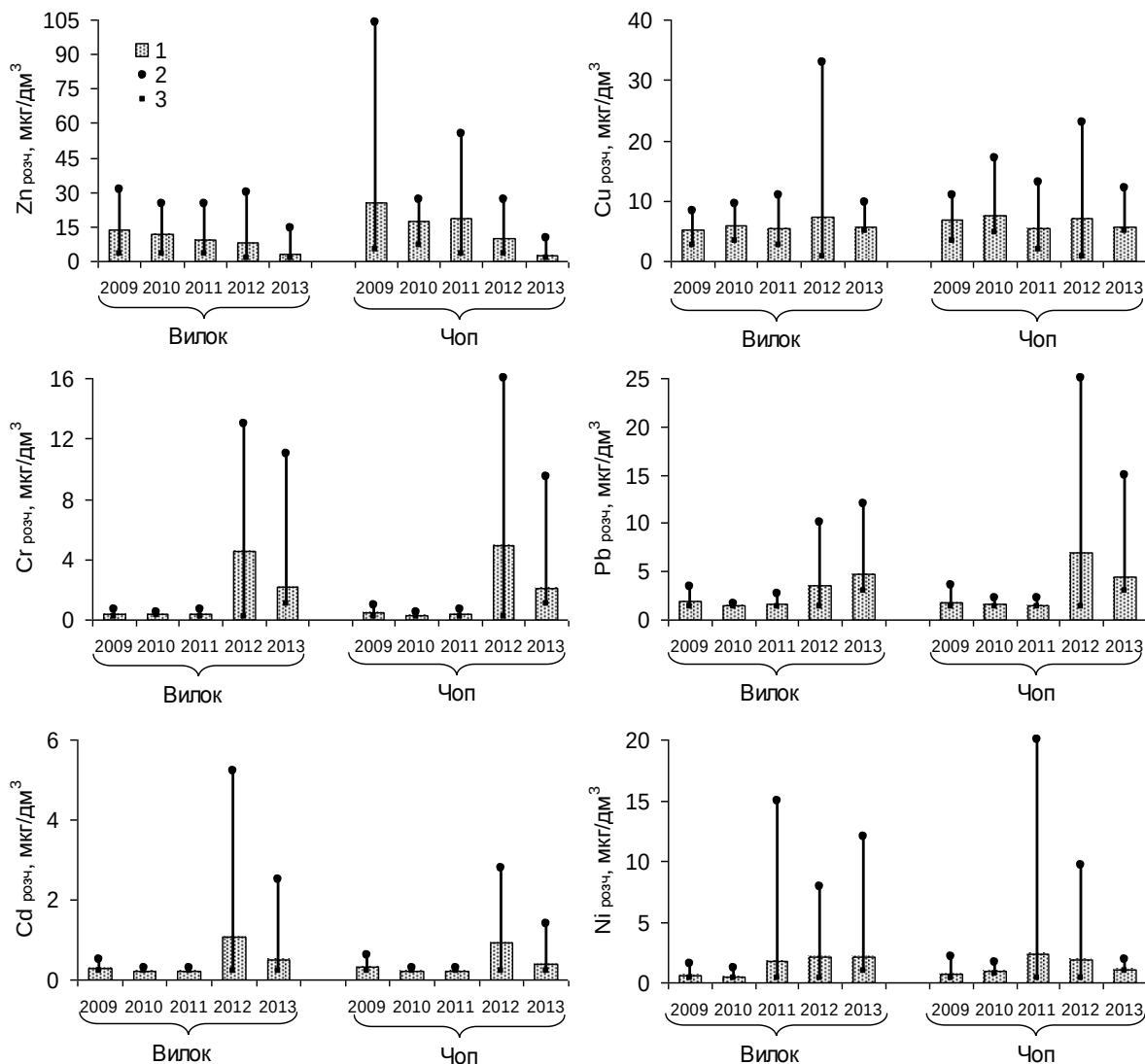


Рис. 2. Усереднені (1) та граничні (2, 3) величини концентрації розчинної форми цинку, купруму, хрому, плюмбуму, кадмію й нікелю у воді р. Тиса за період 2009–2013 рр.

З'ясувалося, що досліджувані нами метали переносяться водним потоком переважно у розчиненому стані (рис. 3), незважаючи на те, що це річкова вода, в якій завжди наявні завислі речовини, що здатні адсорбувати на своїй поверхні сполуки металів. Тиса як гірська річка характеризується порівняно високими показниками вмісту завислих речовин [2]. У цьому можна пересвідчитися також на підставі наведених нижче наших результатів досліджень (рис. 4).

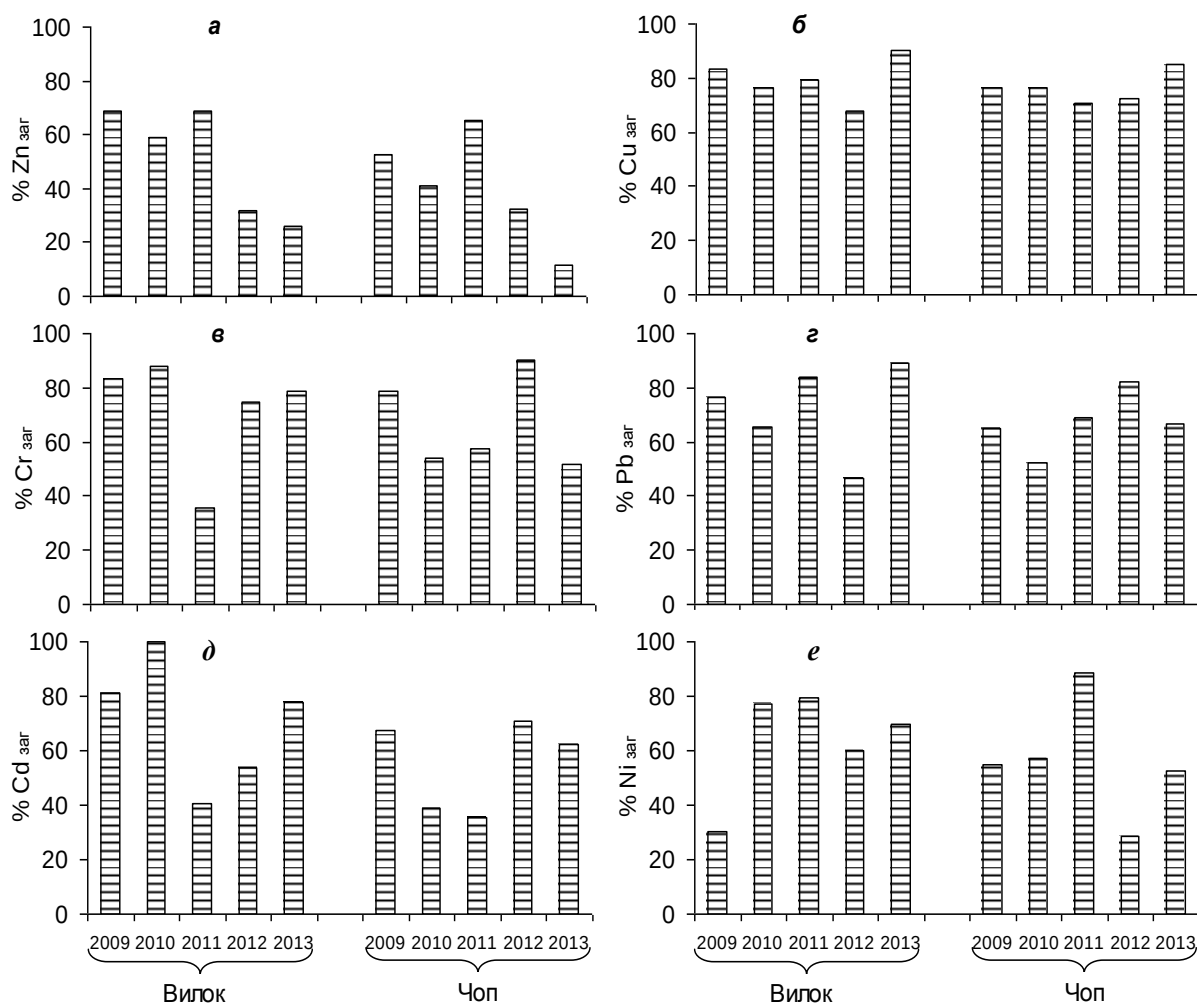


Рис. 3. Частка розчинної форми цинку (а), купруму (б), хрому (в), плюмбуму (г), кадмію (д) та нікелю (е) у воді р. Тиса, % до загальної концентрації кожного з металів

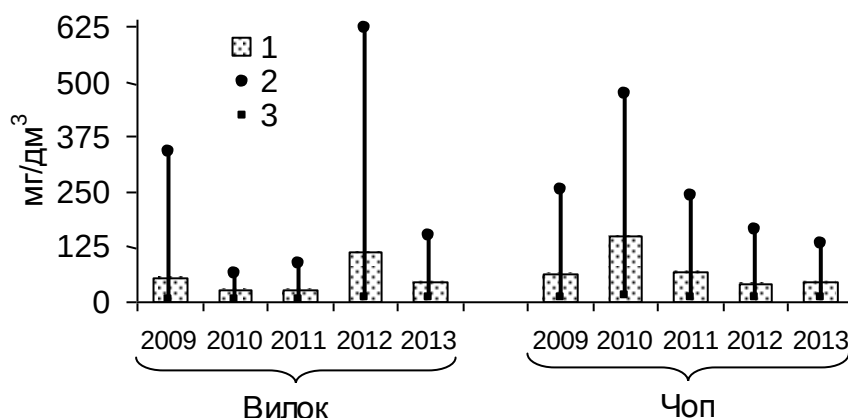


Рис. 4. Усереднені (1) та граничні (2, 3) величини вмісту завислих речовин у воді р. Тиса за період 2009–2013 рр.

Навіть за середніми величинами вміст завислих речовин за період досліджень змінювався в межах 25,9–112 та 42,4–149 мг/дм³ відповідно в контрольних створах смт. Вилोक і м. Чоп.

Але загальновідомо, що адсорбційна здатність зависі залежить значною мірою від її складу та походження. Найбільшими адсорбційними властивостями характеризуються, зазвичай, дрібнозернисті завислі частинки. Частка розчинної форми металів у досліджуваних створах дещо відрізняється. За усередненими даними протягом 2009–2013 рр. вона була трохи більша у створі поблизу смт. Вилोक (50,8–79,4%) і дещо знижувалась у створі поблизу м. Чоп (40,6–76,2%). Найбільша частка завислої форми характерна для цинку (49,2–59,4% $Zn_{\text{заг}}$), а найменша – для купруму (20,6–23,8% $Cu_{\text{заг}}$). Дещо неочікуваним виявилось домінування розчинної форми плюмбуму у воді р. Тиса, хоча відомо, що цей метал мігрує у поверхневих водних об'єктах переважно у складі зависі [19]. Водночас, в окремі роки частка завислої форми досліджуваних металів істотно зростала і навіть досягала 53,2–88,4% загального їхнього вмісту у воді.

Наявна в літературі інформація стосовно розподілу металів між розчинною і завислою формами у воді р. Тиса характеризується неоднозначністю. Одними авторами було показано, що такі метали як купрум і нікель мігрують у р. Тисі переважно у розчиненому стані (відповідно 62–100% $Cu_{\text{заг}}$ та 83–100% $Ni_{\text{заг}}$), тоді як частка розчиненої форми цинку була значно нижчою (24–67% $Zn_{\text{заг}}$) [24, 25]. Низький вміст свинцю (див. табл.) не дав можливості оцінити його розподіл між розчинною і завислою формами, але автори вважають, що цей метал переноситься водним потоком переважно у складі завислих речовин [24]. Інші автори [15] на підставі результатів їхніх досліджень дійшли висновку, що більша частина досліджуваних ними металів знаходилася у воді р. Тиса на території Угорщини у складі завислих речовин.

Слід зазначити, що у воді української ділянки Дунаю, незважаючи на високий вміст у ній завислих речовин [1], деякі метали, зокрема цинк, купрум, молібден, знаходяться більшою мірою в розчиненому стані. Так, за середніми величинами частка завислої форми цинку у воді Дунаю становить 46,9% $Zn_{\text{заг}}$, купруму – 33,7% $Cu_{\text{заг}}$, молібдену – 30,4% $Mo_{\text{заг}}$.

Отже, маса та характер зависі можуть істотно впливати на розподіл металів між розчинною й завислою формами. Якщо це дрібнозернисті частинки зависі, то слід очікувати помітного концентрування металів у її складі внаслідок інтенсифікації адсорбційних процесів. Крім гранулометричного складу, важливого значення набуває природа зависі – мінеральна вона чи органічна.

Висновки. На підставі результатів проведених досліджень можна стверджувати, що концентрації важких металів у воді р. Тиса у двох транскордонних контрольних створах (сmt. Вилок і м. Чоп), за середніми величинами, залишалися упродовж 2009–2013 рр. порівняно невисокими та характерними для поверхневих вод Карпатського регіону. Водночас, максимальні показники вмісту металів свідчать про помітний вплив антропогенного чинника, що періодично проявляється. Відповідно до Директиви Європейського Союзу 2008/105/ЄС кадмій, плюмбум, нікель та інші важкі метали відносять до пріоритетних забруднювальних речовин, а цинк, купрум та деякі інші метали – до специфічних речовин, характерних для басейну р. Тиса. Джерелами надходження пріоритетних забруднювальних речовин до навколишнього природного середовища є промислові стічні води, залпові аварійні забруднення, пов'язані з гірничо-видобувними підприємствами тощо.

Величини загальної концентрації важких металів у воді р. Тиса на транскордонних контрольних створах виявились близькими до тих, що наводяться угорськими дослідниками. Звичайно, це стосується періодів, коли відсутні непередбачувані аварійні забруднення. Переважаючою формою міграції

досліджуваних металів виявилась розчинна форма, незважаючи на те, що це річкова вода з порівняно високим вмістом у ній завислих речовин. Хоча в окремі періоди частка завислої форми металів була значно більшою, ніж розчинної форми. Однак між концентрацією завислої форми металів і вмістом у воді завислих речовин не виявлено тісного позитивного кореляційного зв'язку. Це дає підстави стверджувати, що розподіл металів між завислою і розчинною формами залежить більшою мірою від якісного складу завислих речовин, ніж від їхньої маси. Тому подальші дослідження у цьому напрямку можуть бути результативними.

Для оцінки екологічного стану р. Тиса недостатньо лише інформації стосовно загального вмісту важких металів у воді та їхнього розподілу між завислою і розчинною формами. Значний інтерес викликають дослідження, спрямовані на вивчення розчинної форми металів як біодоступної для гідробіонтів, зокрема співвідношення вільних (гідратованих) йонів металів та комплексних сполук з природними органічними лігандами. Такі дослідження, як свідчить аналіз літературних джерел, раніше не проводились і набувають актуальності в умовах сьогодення.

Список літератури

1. Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов / Т.А. Харченко, В.М. Тимченко, А.А. Ковальчук и др. – Киев: Наук. думка, 1993. – 328 с.
2. Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу / В.І. Осадчий, Б.Й. Набиванець, Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець. – К.: Ніка-Центр, 2008. – 656 с.
3. Гумусовые вещества и их роль в миграции металлов в высокоцветных поверхностных водах (на примере рек бассейна Припяти) / П.Н. Линник, В.А. Жежеря, Я.С. Иванченко, Р.П. Линник // Экологическая химия. – 2014. – Т. 23, № 2. – С. 74–91.
4. Линник П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
5. Моисеенко Т.И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология / Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина. – М.: Наука, 2006. – 261 с.
6. Мур Дж.В. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / Дж.В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
7. Національний план управління басейном р. Тиса. Варіант 2 / Розробники: С. Афанасьєв, І. Байсарович, В. Дуркот та інші (всього 17). – Червень 2012 р. – 217 с.
8. Оценка состояния загрязнения поверхностных вод рек Закарпатья тяжелыми металлами / В.М. Галимова, В.В. Манк, В.И. Максин, Т.В. Суровцева // Химия и технология воды. – 2011. – Т.33, № 2. – С. 1–10.
9. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Линник П.М., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. – К.: Ніка-Центр, 2013. – 240 с.
10. Analysis of the Tisza River Basin 2007 / International Commission for the Protection of the Danube River // Tisza River Basin Analysis Report. – Technical Summary. – 51 p.
11. Bird G. Management of the Danube drainage basin: implications of contaminant-metal dispersal for the implementation of the EU Water Framework Directive / G. Bird, P.A. Brewer, M.G. Macklin // Intl. J. River Basin Management. – 2010. – Vol. 8, N 1. – P. 63–78.
12. Comparison of sediment pollution in the rivers of the Hungarian Upper Tisza Region using non-destructive analytical techniques / J. Osán, S. Török, B. Alföldy et al. // Spectrochim. Acta, Part B. – 2007. – Vol. 62. – P. 123–136.
13. Fugedi K. Heavy-metal investigation into the water- and bottom sediment samples of the River Tisza / K. Fugedi, E. Fekete // Tiscia (Szeged). – 1980. – Vol. 15. – P. 9–17.
14. Iskra I.V. Concentration and forms of migration of cadmium in the Dnieper reservoirs // I.V. Iskra, P.N. Linnik // Hydrobiol. J. – 1996. – Vol. 32, N 5–6. – P. 78–88.
15. Joint Danube Survey: Investigation of the Tisza River and its tributaries / International commission for the protection of the Danube River // Final Report, VITUKI. – Budapest, May 2002. – 118 p.
16. Kiss K.T. Qualitative short-term effects of cyanide and heavy metal pollution on phytoplankton and periphyton in the Rivers Tisza and Szamos (Hungary) / K.T. Kiss, E. Acs, K. Barkacs et al. // Archiv für Hydrobiologie. Supplementband. Large rivers. – 2002. – Vol. 13, N 1–2. – P. 47–72.
17. Kocsis G. Chemical water quality of the upper section of River Tisa (the Ukrainian and NE

Hungarian part of the catchment area) / G. Kocsis // The Upper Tisa Valley: preparatory proposal for Ramsar site designation and an ecological background. Hungarian, Romanian, Slovakian and Ukrainian cooperation / A. Sárkány-Kiss and J. Hamar (eds.). –Tiscia Monograph Series. – Szeged, Hungary, 1999. – P. 339-348. **18. Levei E.A.** Surface water pollution with heavy metals in Baia Mare mining basin / E.A. Levei, M. Şenilă, M. Miclean et al. // J. Environ. Res. – 2008. – Vol. 2. – P. 37–42. **19. Linnik P.N.** Heavy metals in surface waters of Ukraine: Their content and forms of migration / P.N. Linnik // Hydrobiol. J. – 2000. – Vol. 36, N 3. – P. 31–54. **20. Linnik P.N.** Content of metals and forms of their migration in the water of the rivers of the Pripjat River basin / P.N. Linnik, V.A. Zhezherya, I.B. Zubenko // Hydrobiol. J. – 2012. – Vol. 48, № 2. – P. 85–101. **21.** Liver, gills, and skin histopathology and heavy metal content of the Danube starlet (*Acipenser Ruthenus Linnaeus, 1758*) / Poleksic V., Lenhardt M., Jaric I. et al. // Environ. Toxicol. Chem. – 2009. – Vol. 9999, N 12. – P. 1–7. **22. Macklin M.G.** The long term fate and environmental significance of contaminant metals released by the January and March 2000 mining tailings dam failures in Maramureş County, upper Tisa Basin, Romania / M.G. Macklin, P.A. Brewer, D. Balteanu et al. // Applied Geochem. – 2003. – Vol. 18. – P. 241–257. **23. Salomons W.** Metals in the hydrocycle / W. Salomons, U. Förstner.– Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1984. – 352 p. **24.** Total reflection X-ray fluorescence spectrometric determination of element inlets from mining activities at the upper Tisza catchment area, Hungary / Óvári M., Mages M., Woelfl S. et al. // Spectrochim. Acta, Part B. – 2004. – Vol. 59. – P. 1173–1181. **25. Woelfl S.** Determination of heavy metals in macrozoobenthos from the rivers Tisza and Szamos by total reflection X-ray fluorescence spectrometry / S. Woelfl, M. Mages, M. Óvári, W. Geller // Spectrochim. Acta, Part B. – 2006. – Vol. 61. – P. 1153–1157.

Важкі метали у воді річки Тиси: вміст, форми знаходження та особливості міграції (за результатами моніторингових досліджень)

Скоблей М.П., Линник П.М.

Узагальнено результати досліджень важких металів (Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Ni) у воді р. Тиса у двох транскордонних контрольних створах (смт. Вилок і м. Чоп), що виконувалися протягом 2009–2013 рр. Для всіх досліджуваних металів характерний широкий інтервал величин концентрації. Найбільшим вмістом характеризується цинк, а найменшим – кадмій. Обговорено динаміку як загальної концентрації, так і вмісту розчинної форми металів по роках. Встановлено, що досліджувані метали мігрують більшою мірою в розчиненому стані. Наведено також результати багаторічних досліджень важких металів на інших ділянках р. Тиса, зокрема на угорській. Показано, що антропогенний чинник – основна причина екстремально високих концентрацій металів у воді річки в окремі періоди, зокрема це стічні води гірничо-видобувних підприємств, розміщених поблизу міст Бая-Маре та Бая Борша на території Румунії, що потрапляють до неї під час непередбачуваних аварій.

Ключові слова: важкі метали; розчинна й зависла форми; завислі речовини; р. Тиса.

Тяжелые металлы в воде реки Тисы: содержание, формы нахождения и особенности миграции (по результатам мониторинговых исследований)

Скоблей М.П., Линник П.Н.

Обобщены результаты исследований тяжелых металлов (Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Ni) в воде р. Тисы на двух трансграничных контрольных створах (пгт. Вилок и г. Чоп), проводившихся на протяжении 2009–2013 гг. Для всех исследованных металлов характерен широкий интервал величин концентрации. Наибольшим содержанием характеризуется цинк, а наименьшим – кадмий. Обсуждена динамика как общей концентрации, так и содержания растворенной формы металлов по годам. Установлено, что исследованные металлы мигрируют в большей степени в растворенном состоянии. Приведены также результаты многолетних исследований тяжелых металлов на других участках р. Тисы, в частности на венгерском. Показано, что антропогенный фактор – основная причина экстремально высоких концентраций металлов в воде реки в отдельные периоды, в частности это сточные воды горнодобывающих предприятий, находящихся вблизи городов Бая-Маре и Бая Борша на территории Румынии, попадающие в нее во время непредвиденных аварий.

Ключевые слова: тяжелые металлы; растворенная и взвешенная формы; взвешенные вещества; р. Тиса.

Heavy metals in water of the Tisza River: the concentration, existing forms and peculiarities of migration (based on the results of monitoring studies)

Skobley M.P., Linnik P.N.

The results of studies of heavy metals (Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Ni) in water of the Tisza River in two cross-border control points (populated localities Vylok and Chop) conducted during 2009-2013 are generalized. Wide range of concentration values for all the studied metals is characterized. Zinc characterized by the highest concentration and cadmium – by the lowest. The dynamics of both the total concentration and the content of dissolved forms of metals are discussed. It has been established that the investigated metals migrate mostly in dissolved state. The results of long-term investigations of heavy metals in other parts of the Tisza River, in particular in Hungarian part, also are given. It is shown that the anthropogenic factor is the main reason for the extremely high concentrations of metals in the river water during certain periods, such as a wastewater of mining near the cities of Baia Mare and Baia Borsa in Romania falling during unforeseen accidents.

Keywords: heavy metals; dissolved and suspended forms; suspended matter; Tisza River.

Надійшла до редколегії 27.10.2014

УДК 550.461(477-25)

Доленко С.О.¹, Баламут В.І.², Демченко В.Я.¹, Бичковська О.М.²

¹ - Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В.Думанського НАН України,

² - гімназія «Академія», м. Київ

ГІДРОГЕОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОД ПРИРОДНИХ ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ НА ТЕРИТОРІЇ М. КИЄВА

***Ключові слова:** природні джерела, хімічний склад води, гідрогеохімічний аналіз, еколого-геохімічний стан*

Постановка проблеми та її значення. Інтенсивна господарська діяльність на території Києва, розвинена мережа наземних і підземних споруд підвищують антропогенне навантаження на водні ресурси, які в наш час набувають вирішального значення для економічного і екологічного стану міста. Без вивчення еколого-геохімічних процесів природних вод з'ясувати придатність їх до використання за умов інтенсивного природокористування складно. Тому питання, що стосуються гідрохімічних досліджень природних вод здавна становили об'єкт досліджень багатьох вчених в Україні і набули значної актуальності в наш час. В Україні цими питаннями займалися Маков К.І., Бабінець А.Є., Шестопапов В.М., Лялько В.І., Митропольський О.Ю. та багато інших вчених [1-4]. Значний внесок у вивчення геохімічного стану саме території м. Києва належить Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України [5-7]. Велику увагу дослідженню хімічного складу та якості поверхневих вод приділяють співробітники Українського гідрометеорологічного інституту НАН України, а саме, В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Б.Й. Набиванець та ін. [8], Київського національного університету імені Тараса Шевченка – Л.М. Горєв, В.І. Пелешенко, В.К.Хільчевський [9, 10], а також співробітники Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В.Думанського НАН України [11,12]. При цьому, слід зазначити, що інтереси вчених зосереджені на дослідженні наземних і підземних артезіанських природних вод, які широко використовуються в системі водопостачання м. Києва і безпосередньо в бюветних комплексах. Проте, на території м. Києва існує кілька десятків природних джерел, які мають важливе значення в процесах підтримки стабільності гідрологічного режиму поверхневих водойм, а також прилеглих до них наземних біоценозів. Крім того вони здавна є локальними джерелами чистої питної води і використовуються в лікувальних цілях, з ними пов'язано багато народних легенд. Не зважаючи на те, що вода з цих джерел і до сьогодні багатьма киянами активно вживається для пиття, в літературі майже відсутня інформація стосовно їх хімічного складу. Проте, вода в цих джерелах не завжди відповідають вимогам, що висуваються до питної води, а отже, потребують постійного аналізу та відповідних рекомендацій щодо застосування.

До самого останнього часу систематичного наукового обстеження джерел в м. Києві не проводилося. Планомірне дослідження хімічного складу і властивостей води в природних джерелах та їхня паспортизація проводились у 1997-2003 рр. в рамках програми співробітництва Київської міської державної адміністрації і

Національної академії наук України. Виконавцем цієї роботи був Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, а Замовником — ДКП “Плесо” [12]. Більше систематичних досліджень в цьому напрямку не проводилося. А, оскільки джерела є найбільш уразливими природними об’єктами, постійний моніторинг їх екологічного стану є однією з необхідних передумов їх ефективної охорони.

Тому, метою роботи було встановити закономірностей розподілу основних іонів у водах природних підземних джерел міста Києва, які масового використовуються киянами в питних цілях, і оцінити їх еколого-геохімічний стан за сучасними аналітичними даними та виробити рекомендації щодо можливості їх використання для питних потреб.

Виклад основного матеріалу і обговорення отриманих результатів. В роботі було досліджено зразки природних джерельних вод з 1-ої, 4-ої, 13-ої та 14-ої (ліве, праве) ліній Пущі Водиці; з району «Сирець» (парк «Дубки», вул. Котовського (ліве, праве)) та з району Феофанія (Пантелеймона-Цілителя, Тихона, «Сльоза Богородиці», «Живописне джерело»). Схему розташування досліджених природних джерел на карті м. Києва наведено на *рис.1*.



Рис. 1. Схему розташування досліджених природних джерел на карті м. Києва:
Пуща-Водиця - 1-а лінія (1), 4-а лінія (2), 13-а лінія (3), 14-а лінія (ліве) (4), 14-а лінія (праве) (5); **Сирець** – парк Дубки (6), вул.Котовського (ліве) (7), вул.Котовського (праве) (8); **Феофанія** – Сльоза Богородиці (9), Святі джерела: Пантелеймона-Цілителя, Тихона, Живописне (10)

Досліджені джерела знаходяться на правому березі р. Дніпро в північній, південній та центральній частинах міста, та відносяться до різних екологічних районів. Пущу-Водиці та район Феофанії віднесено до рекреаційної зони, вони віддалені від траси, а вздовж лінії озер Пущі-Водиці та на прилеглій до них території немає промислових об'єктів та сільськогосподарської діяльності. Святі джерела з Феофанії було відроджено протягом останніх років. Місця джерел на схилі яру облаштовано і відзначено хрестами. Побудовано будиночок, зі стіни якого витікає три джерела: «Пантелеймона-Цілителя», «Тихона» та «Живописне». Влаштовано цілющу купальню «Сльоза Богородиці». Можна припустити мінімальне антропогенне забруднення води з цих джерел. Чого не можна очікувати від джерел з промислового району Сирець, та особливо джерела «Дубки», яке, взагалі, знаходиться вздовж автомагістралі.

Порівняльний аналіз досліджених вод проводили за вмістом основних іонів, таких, як HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ та K^+ . В зв'язку з тим, що джерельні води, що оточують м. Київ, відносять до ґрунтових вод, вони можуть дуже забруднюватися. Ознакою забруднення може бути присутність у воді ряду специфічних компонентів, наприклад, наявність у воді нітратів, що вказує на фільтрацію у водоносні горизонти з ланів та городів мінеральних добрив. Тому, щоб встановити рівень антропогенного забруднення джерельних вод, було досліджено їх на вміст цих сполук.

В досліджених джерелах було також визначено загальні та органолептичні показники, такі як дебіт джерел, температура води, рН, мінералізація, запах, кольоровість і каламутність. Результати досліджень наведено в *табл. 1*.

Таблиця 1. Деякі органолептичні та узагальнені показники води досліджених природних джерел м. Києва

Найменування показника	Дебіт, л/год	T, °C	pH	Запах, бали	Кольоровість, град	Каламутність, мг/дм ³	Мінералізація, мг/дм ³
Пуща-Водиця, лінія							
1-а	3380	8	6,05	1	<2	<0,2	130
4-а	200	7	6,29	2	3	<0,2	429
13-а	720	10	6,25	1	<2	<0,2	511
14-а(л).	225	9	6,5	1	<2	<0,2	201
Сирець							
«Дубки»	106	8	7	1	2	<0,2	440
Котовського (пр.)	360	9	6,95	1	<2	<0,2	945
Котовського (л.)	100	9	7	1	<2	<0,2	910
Феофанія							
Пантелеймона-Цілителя	150	9	6,9	1	<2	<0,2	1300
Тихона	180	9	7,25	1	<2	<0,2	970
Живописне	240	9	6,9	1	<2	<0,2	1100
Сльоза Богородиці	360	9	7,3	1	<2	<0,2	1680
Вимоги НД, не більше							
¹ ДСанПін 2.2.4-171-10	-	-	6,5-8,5	(3) ^{2*}	35	3,5	1500

¹ - ДСанПін 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»; ^{2*} - дані наведено для 20 °C

Як видно з таблиці, дебіт досліджених джерел змінюється від 100 до 3380 (джерело «Пуща-Водиця» (1-а лінія)) л/год. При цьому слід зазначити, що для більшості джерел дебіт складає $\sim(100-200)$ л/год.

Температура води досліджених джерел (у місцях виходів підземних вод) під час аналізу складала $(7-10)^{\circ}\text{C}$ при температурі повітря $\sim 10^{\circ}\text{C}$. Реакція води нейтральна ($\text{pH} = 6,0 - 7,3$). Вода прозора, приємна на смак, без стороннього запаху і кольору.

Мінералізація вод досліджених джерел, як видно з *рис.2*, збільшується при просуванні з півночі на південь м. Києва: від дуже прісних ($130-201$ мг/дм³) в північній частині міста (Пуща-Водиця), прісних ($200-1000$ мг/дм³) в центральній частині (Сирець) до відносно прісних (вище 1000 мг/дм³) з підвищеною мінералізацією (Феофанія).

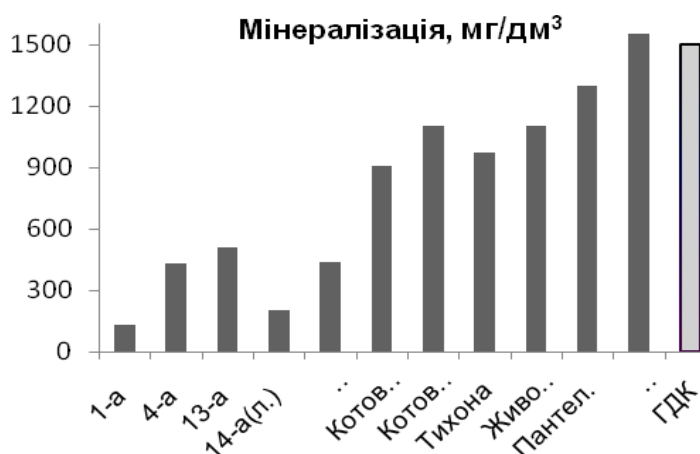


Рис.2. Мінералізація вод досліджених джерел

Аналогічні зміни спостерігаються і для іонів кальцію, магнію (*рис.3-а,б*), гідрокарбонат- і, в деякій мірі, сульфат-іонів (*рис.3-в,г*).

Вміст хлоридів змінюється від одиниць до сотень мг/дм³ (*рис.4-а*). При цьому також спостерігається збільшення його вмісту в джерельних водах по мірі просування з півночі на південь міста. Так, найменша концентрація хлоридів зафіксована в джерелі з 1-ої лінії в Пущі-Водиці ($7,1$ мг/дм³), найбільша — в джерелах «Сльоза Богородиці» (305 мг/дм³) та «Пантелеймона-Цілителя» (260 мг/дм³), що наближується до ГДК питних вод [13]. Аналогічно до хлоридів спостерігаються зміни концентрації іонів натрію в водах досліджених джерел (*рис.4-б*).

Закономірностей розповсюдження нітрат-іонів та іонів калію у досліджених джерельних водах не виявлено (*рис.4-в,г*). Загалом, розподіл нітрат-іонів має строкатий характер, що пояснюється впливом антропогенної діяльності на території м. Києва. Вміст нітратів в усіх досліджених джерелах не перевищує ГДК (45 мг/дм³), але в джерелах «Сльоза Богородиці», по вул. Котовського, на 4-ій та 14-ій лініях Пущі-Водиці їх вміст наближується до критичного.

Слід також зазначити, що, незважаючи на те, що вміст більшості основних іонів в водах з колодязів та каптажів джерел в Україні не нормується, проте можна стверджувати, що за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води, такими, як мінералізація, вмістом іонів Ca^{2+} та Na^{+} (*табл.2*), води з джерел по вул. Котовського та з району Феофанії не бажано використовувати в питних цілях.

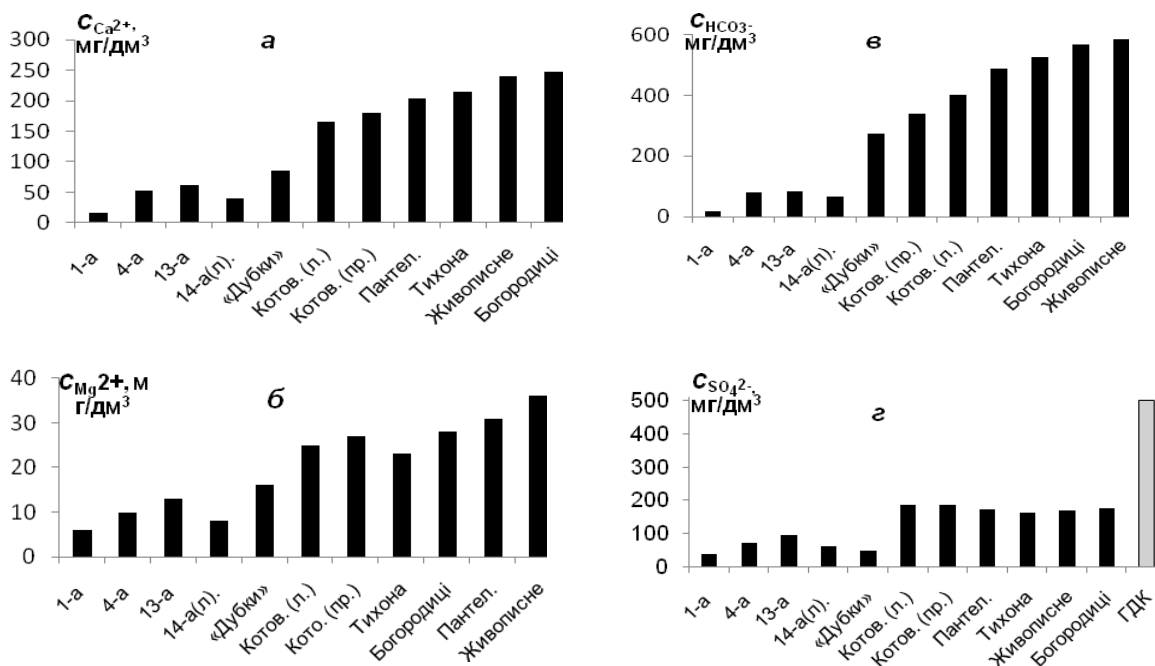


Рис.3. Вміст іонів кальцію (а), магнію (б), гідрокарбонат(в) і сульфат іонів (г) в водах досліджених джерел

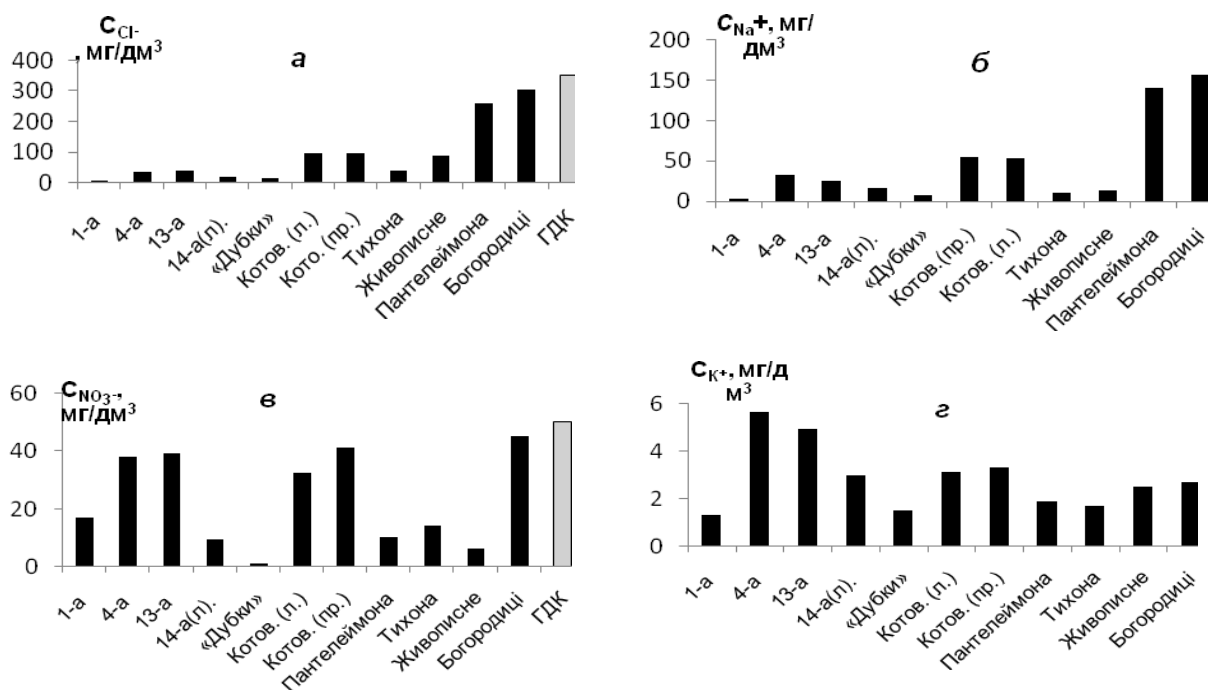


Рис.4. Вміст нітратів (а) і іонів калію (б) в водах досліджених джерел

Таблиця 2. Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води [13]

Найменування показників	Нормативи
Калій, мг/дм ³	2 - 20
Кальцій, мг/дм ³	25 - 75
Магній, мг/дм ³	10 - 50
Натрій, мг/дм ³	2 - 20
Сухий залишок, мг/дм ³	200 - 500

Для проведення еколого-геохімічної оцінки природних джерел досить важливою характеристикою є стабільність хімічного складу, оскільки вона показує ступінь його захищеності від забруднення та впливу зони живлення на якість води, а також дозволяє робити прогнози щодо стану джерела в майбутньому. Стабільність хімічного складу води в досліджених джерелах можна оцінити за результатами моніторингу. Для цього, отримані результати хімічних досліджень складу джерельних вод було порівняно з результатами досліджень минулих років, які проводились Інститутом колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України у 2002-2003 рр. [12]. Отримані результати наведено в *табл.3*.

Таблиця 3. Властивості та хімічний склад води досліджених природних джерел м. Києва за різні роки

Рік дослідження	Дебіт, л/год	рН	Кольоровість, град	Каламутність	Мінералізація	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
Пуща-Водиця 1-а лінія													
2002	1125	6,1	<2	<0,2	130	1,3	3,3	17	5,1	15	7,1	40,3	15,1
2003	1100	6,5		<0,4	124	1,2	3,5	17	5,3	16	6,5	38	12,5
2013	3380	6,05		<0,2	130	1,3	4,0	16	6,1	17	7,1	38	16,9
Парк «Дубки»													
2002	120	7,2	2	<0,2	431	1,5	5,8	90	17,0	275	21,3	62	2,0
2003	123	7,6			467	1,5	7,1	86	16,0	281	15,0	45	1,2
2013	106	7,0			440	1,0	7,5	71	15,6	275	14,2	21,6	1,3
вул.Котовського (пр.)													
2002	40	7,1	<0,2	<0,2	958	3,0	54	186	18,0	390	90	175	33
2003	40	7,35	2		960	3,1	55	180	25,0	403	96	181	26
2013	360	6,95	<0,2		945	3,1	55	180	25,4	402	100	184	32,5
Пантелеймона-Цілителя													
2002	118	7,95	2	<0,2	992	0,9	7,3	198	29,0	464	41	137	75
2003	118	7,6	2		950	1,1	7,3	198	30,0	463	42	137	65
2013	150	6,9	<0,2		1300	1,9	140	204	31,4	488	260	173	10,3
Сльоза Богородиці													
2002	373	7,9	<0,2	<0,2	1420	2,8	137	248	26,0	555	223	168	56
2003	315	7,8	3		1550	2,7	157	248	28,0	530	305	176	56
2013	360	7,3	<0,2		1580	2,6	169	268	22,0	568	315	161	45

Як видно з таблиці, мінералізація води та концентрація іонів, що визначають її сольовий склад, залишається майже постійною за період спостережень, що свідчить про стабільність хімічного складу досліджених джерельних вод. Виняток складає джерело «Пантелеймона-Цілителя».

Для Джерела «Пантелеймона-Цілителя» в порівнянні з 2002 р. та 2003 р. спостерігається збільшення концентрація хлорид-іонів в ~ 6,5 разів, а іонів натрію – майже в 20 разів (див. *табл.3*). Слід вказати також на помітну зміну мінералізації даної води з 900 мг/дм³ до 1300 мг/дм³. Цю воду раніше можна було віднести до гідрокарбонатно-кальцієвого класу, а за результатами 2013 – до гідрокарбонатно-хлоридно-кальцієво-натрієвого (*рис.5*).

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.4(35)

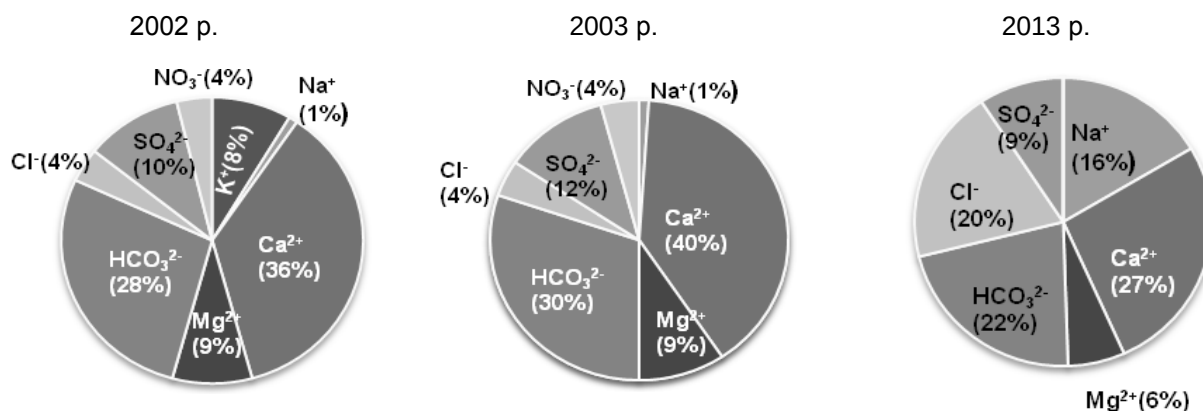


Рис.5. Сольовий склад води з джерела Пантелеймона-Цілителя за різні роки

Це може бути обумовлено тим, що за останні роки джерело було переоблаштовано, а саме, побудовано будиночок, зі стіни якого витікає три джерела «Пантелеймона-Цілителя», «Тихона» та «Живописне». Вода з джерел «Живописне» та «Тихона» (рис.6) подібна до води «Пантелеймона-Цілителя» минулих років, а з джерела «Пантелеймона-Цілителя» за результатами досліджень 2013 р. - до «Сльози Богородиці» (рис.7). Можливо при будівництві було невірно названо джерела.

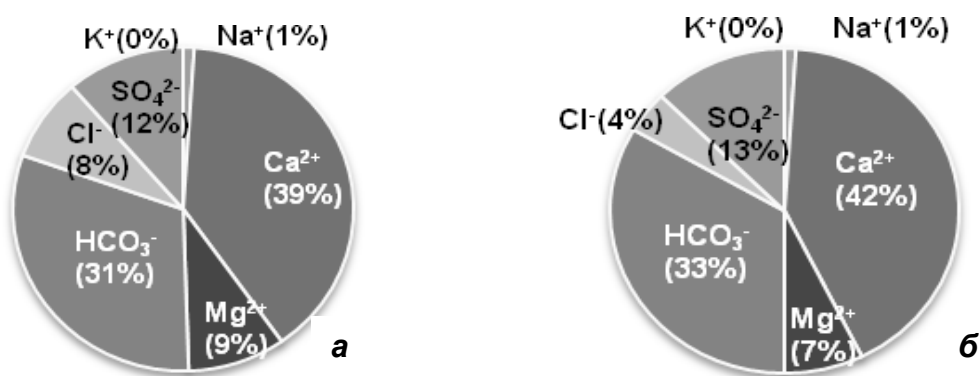


Рис.6. Сольовий склад води з джерел «Живописне» (а) та «Тихона» (б) за результатами досліджень 2013 р.

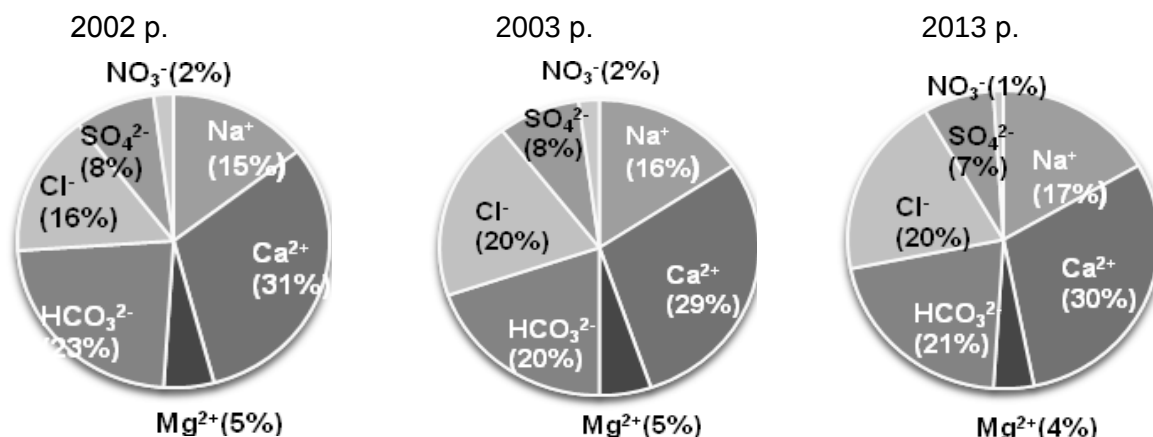


Рис.7. Сольовий склад води з джерела «Сльоза-Богородиці» за різні роки

Висновки. В ході досліджень встановлено загальні та органолептичні показники а також вміст макроелементів у джерельних водах м. Київ, які використовуються населенням для питних потреб, і наведено їх еколого-геохімічну оцінку.

Дослідження особливостей розподілу хімічних елементів у джерельних водах м. Києва показало широкий інтервал коливання значень вмісту макроелементів природних вод - від фонових значень до аномальних. Загалом, джерельні води південної частини міста (район Феофанії) характеризуються більшою забрудненістю, ніж північні (район Пуща-Водиця). При просуванні з півночі на південь м. Києва спостерігається збільшення концентрації іонів кальцію, магнію, гідрокарбонат-, хлорид- і, в деякій мірі, сульфат-іонів. При цьому, мінералізація та хімічний склад вод досліджених джерел, змінюється при просуванні з півночі на південь м. Києва: від дуже прісних (130-200) мг/дм³ сульфатно-кальцієво-магнієвих та прісних (200-500) сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієво-натрієвих в північній частині міста (Пуща-Водиця), прісних (500-1000 мг/дм³) гідрокарбонатно-кальцієвих з домішками сульфатів в центральній частині (район Сирець) та деяких місцях Феофанії до відносно прісних (вище 1000 мг/дм³) з підвищеною мінералізацією гідрокарбонатно-хлоридно-кальцієво-натрієвих – в південному районі міста (район Феофанія). Закономірностей розповсюдження нітрат-іонів та іонів калію у досліджених джерельних водах не виявлено. Загалом, розподіл нітрат-іонів має строкатий характер, що пояснюється впливом антропогенної діяльності на території м. Києва.

В результаті порівняння отриманих результатів з раніше проведеними дослідженнями показано, що концентрація іонів кальцію, магнію, натрію, калію, сульфатів, хлоридів, гідрокарбонатів, нітратів для більшості досліджених вод практично не змінюється з часом. Встановлене начебто значне «збільшення» концентрації іонів натрію та хлорид-іонів для джерела «Пантелеймона Цілителя» можна пояснити не відповідністю назв джерела в різні роки. Отже, встановлена стабільність хімічного складу досліджених вод за період спостережень знімає потреби проводити визначення цих показників щомісячно або щоквартально, витрачаючи на аналіз час та кошти.

Підсумовуючи результати проведених досліджень необхідно констатувати, що отриманих результатів недостатньо для повномірної оцінки якості досліджених джерел, так як вміст більшості основних іонів, дослідженню яких і була присвячена дана робота, в водах з колодязів та каптажів джерел в Україні не нормується. Проте за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води, такими, як мінералізація, вмістом іонів Ca²⁺ та Na⁺ води з джерел по вул. Котовського та з району Феофанії не бажано використовувати в питних цілях.

Список літератури

1. *Шестопапов В.М.* Водообмен в гидрогеологической структуре Киевской городской агломерации и миграции радионуклидов / В.М. *Шестопапов*, Ю.Ф. Руденко, В.В. Гудзенко, А.Н. Макаренко // Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа. Ч.1. - Киев: Ин-т геол. наук НАН Украины, 2000. - 276 с. 2. *Жовинский Э.Я.* Определение миграционных форм микроэлементов в почвенных растворах методом математического моделирования / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева, Л.Н. Горев, В.В. Кирпичный // Минерал, журн. -1995.- 17, № 6. - С. 62-67. 3. *Бабинец А.Е.* Формирование подземных вод юго-западной части Русской платформы / Бабинец А.Е. // Труды института геологических наук АН УССР, сер. "гидро-геол. и инж. геол.", вып.5, 1961.- 379 с. 4. *Маков К.И.* Подземные воды УССР / К.И. Маков - Киев: Изд-во АН УССР, 1947. - 325 с. 5.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.4(35)

Абрамис А.Я. Геохимия грунтовых вод Большого Киева. / А.Я. Абрамис // Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук: 04.00.02 / Ин-т геохимии и физики минералов АН Украины. — К., 1992. - 23 с. **6.** Жовинский Э.Я. Экологическая геохимия и медицина / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева, И.О. Крюченко / Минерал, журн. - 2004. -26, № 2. - С. 17 - 24. **7.** Кураева И.В. Еколого-гідрогеохімічні дослідження природних вод Київського мегаполісу / І.В. Кураєва, А.І. Самчук, О.С. Єгоров // – К.: Наук. Думка, 2007. – 108 с. **8.** Набиванець Б.Й. Аналітична хімія поверхневих вод / Б.Й. Набиванець, В.І. Осадчий, Н.М. Осадча та ін. - К.: Наук. думка, 2007. -456 с. **9.** Горєв Л.М. Гідрохімія України / Л.М.Горєв, В.І.Пелешенко, В.К.Хільчевський – К.:Вища школа, 1995. – 307 с. **10.** Хільчевський В.К. Гідрохімія поверхневих вод // Київ як екологічна система – людина-виробництво-екологія / В.К. Хільчевський – К.:Центр екологічної освіти та інформації, 2001. – 163-194. **11.** Бювети Києва. Якість артезіанської води / За ред. В.В. Гончарука. - К., 2003. **12.** Терлецька Г.В. Результати моніторингу природних джерел на території м. Києва / Г.В Терлецька // Світогляд №4, 2009 – С. 60-65. **13.** Новий Державний стандарт України «Питна вода. Вимоги та методи контролю якості»//Химия и технология воды. – 2010. – 32, №5 – С. 463-512.

Гідрогеохімічний аналіз вод природних підземних джерел на території м. Києва

Доленко С.О., Баламут В.І., Демченко В.Я., Бичковська О.М.

Проаналізовано води з природних джерел, які розташовані в різних районах правобережної частини м. Києва, про склад яких не було офіційних даних. Проведено порівняльну оцінку якості джерельних вод та їх соляового складу відповідно до чинних гігієнічних нормативів для питних вод та результатів досліджень попередніх років, а також представлено дослідження закономірностей розподілу хімічних елементів у джерельних водах на території м. Києва.

Ключові слова: природні джерела, хімічний склад води, гідрогеохімічний аналіз, еколого-геохімічний стан.

Гидрогеохимический анализ вод родников на территории г. Киева

Доленко С.А., Баламут В.И., Демченко В.Я., Бичковская Е.Н.

Проанализированы воды родников, расположенных в разных районах правобережной части г. Киева, о составе которых не было официальных данных. Проведена сравнительная оценка качества родниковых вод и их солевого состава в соответствии с действующими гигиеническими нормативами для питьевых вод и результатов исследований предыдущих лет, а также представлены исследования закономерностей распределения химических элементов в родниковых водах на территории г. Киева.

Ключевые слова: природные источники, химический состав воды, гидрогеохимический анализ, эколого-геохимическое состояние.

Hydrogeochemical analysis of natural underground sources of water in the city Kyiv

Dolenko S.O., Balamut V.I., Demchenko V.J., Bychkoaska O.M

Analyzes of water from natural sources, which are located in different parts of the right-bank part of city. Kyiv, the composition of which was not official data. A comparative assessment of source water and their salt content in accordance with applicable hygienic standards for drinking water and research results from previous years, and also the study of patterns of distribution of chemical elements in source waters in the city. Kyiv.

Keywords: natural sources, water chemistry, hydrochemical analysis, ecological and geochemical condition.

Надійшла до редколегії 09.10.2014

УДК 556.166

Кічук Н.С.

Одеський державний екологічний університет

РОЗРАХУНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЛИВОВИХ ОПАДІВ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Ключові слова: *нормативна база; максимальний стік; зливові опади*

Вступ. Зливові опади на Півдні України належать до тих природних явищ, із якими пов'язане формування катастрофічних паводків, особливо на невеликих за розмірами водозборах. Нормативними документами, зокрема чинним СНіП2.01.14-83 [1], передбачені визначення максимальних витрат води рідкісної ймовірності перевищення на водотоках із площею водозборів $F < 50 - 200 \text{ км}^2$ з використанням добових опадів зливого характеру. Щодо Півдня України, то внаслідок посушливого клімату систематичні гідрологічні спостереження за стоком річок майже відсутні, і тому виникає необхідність у залученні до розрахункових методів максимального стоку даних паводкоформувань опадів, вимірювання яких здійснюється за програмами метеорологічних станцій і постів.

Слід також зауважити, що зливові опади, як основний фактор формування дощових паводків на Півдні України, розподіляються у просторі дуже нерівномірно. На території, що розглядається, визначні зливові дощі зареєстровані в липні 1931р. та в червні 1941 р. (у районах Приазовської височини), в кінці серпня 1947 року (в нижній частині Південного Бугу) у червні 1955 р. – в межах Причорноморської низовини та Приазов'я, в липні 1956 р. – у Херсонській області, в серпні 1958 р. – в Одеській області та Молдові, у вересні 2013 р. – в Одеській області.

На сучасному етапі необхідно аналізувати можливий вплив на паводкоформувальні опади і, відповідно, стік річок, глобальних і регіональних змін клімату, які можуть порушити стаціонарність гідрометеорологічних процесів.

Методика та організація дослідження. Для перевірки гіпотез однорідності часових рядів при порівняно коротких вибірках зазвичай використовують параметричні критерії дисперсій Фішера і середніх Стюдента [2]. Свого часу Вілкоксон [2] запропонував непараметричний метод перевірки гіпотез однорідності, що дозволяє здійснювати перевірку залежних вибірок у тих випадках, коли дані вимірювань попарно скорельовані. У подальшому цей критерій був удосконалений Манном і Уїтні і вважається таким, що увійшов у нормативні документи для оцінки однорідності стокових рядів. Для екстремальних значень у часових рядах, що різко відхиляються в емпіричних розподілах, оцінку статистичної однорідності можна виконувати за допомогою критеріїв Смирнова-Грабса і Діксона [3].

У межах досліджуваної території використані часові ряди добових максимумів опадів (теплого періоду), що формують високі дощові опади на 72 метеорологічних станціях із періодами спостережень більше 24 років (по 2010 р. включно). Найбільш тривалий ряд стосується метеостанції Миколаїв (120 років).

Однорідність рядів перевірялася за допомогою критеріїв Фішера і Стюдента на 5% і 1% рівнях значущості. Хронологічний графік часової зміни добових максимумів опадів H_m можна простежити за даними м/с Миколаїв (рис.1).

За критерієм Фішера, при $P=5\%$ до неоднорідних відносять 3 ряди, а на рівні $P=1\%$ - усі дані не суперечать гіпотезі часової однорідності H_m . Щодо критерію Стюдента, то вже на рівні значущості $P=1\%$ усі ряди виявилися однорідними.

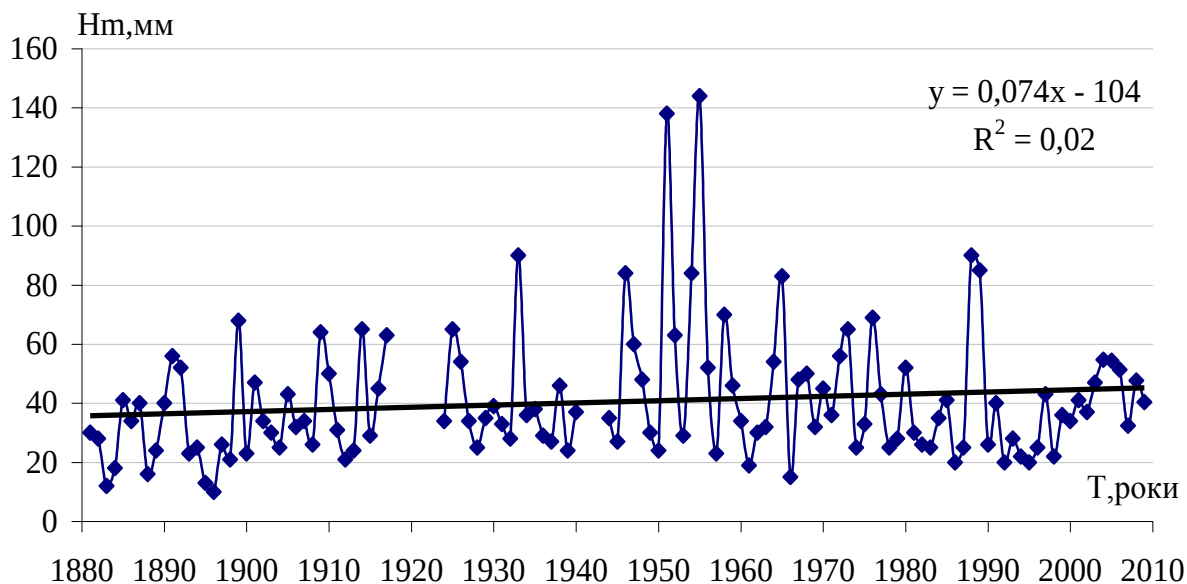


Рис.1. Хронологічний хід максимальних добових опадів у теплий період року (метеостанція м. Миколаїв)

З метою отримання характеристик добових максимумів дощових опадів різної ймовірності перевищення була здійснена статистична обробка. При цьому статистичні параметри H_m , коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s (або співвідношення C_s/C_v) та коефіцієнта автокореляції $r(1)$ обчислювались за допомогою методів моментів (C_v і C_s) і найбільшої правдоподібності (C_v і C_s/C_v). Найбільші значення $\overline{H_m}$ зафіксовані на метеостанції Лебедівка (48,8 мм), а найменші — метеостанціях Станіслав, Попелак (31 мм). Коефіцієнти варіації $(C_v)_H$ варіюють у діапазоні від 0,29 (ст. Коротне, Чадир-Лунга) до 0,61-0,76 (Генічеськ), а співвідношення $(C_s/C_v)_H$ в середньому становить 4,0.

Використовуючи криві біноміального і трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля при $C_s/C_v=4,0$, були отримані індивідуальні значення добових опадів опорної забезпеченості $P=1\%$. Найбільші добові опади 1%-ної ймовірності перевищення зафіксовані на метеостанції Лебедівка (134 мм), а найменші зафіксовані на метеостанції Коротне (62 мм). Якщо порівнювати ці значення з картою розподілу $H_{1\%}$, наведеною в СНіП 2.01.14-83 [1], то слід зазначити, що на карті нормативного документа $H_{1\%}$ є завищеними, оскільки на ній повсюдно вони коливаються в межах 120-160 мм.

Здійснюючи статистичний аналіз за індивідуальними рядами спостережень, ми повинні брати до уваги те, що в нашому розпорядженні є дані, які охоплюють усього декілька десятиліть. Збільшити об'єм інформації в окремих випадках

можна за допомогою використання методів сумісного аналізу даних у групі об'єктів з більш-менш однорідними умовами їх генерування.

Розроблений С.М. Крицьким та М.Ф. Менкелем [4] метод сумісного аналізу полягає в тому, що повне розсіювання оцінок часових рядів можна об'єднати сумісною дією двох незалежних одна від одної причин. Перша з них – неповна просторова синхронність коливань метеорологічних факторів (зокрема, опадів), на об'єктах навіть однорідного регіону. Ця складова територіальної мінливості опадів вважається випадковою.

Друга причина – відмінності в ландшафті й кліматі сукупно досліджуваних об'єктів [4,5]. Таким чином, дисперсію того чи іншого статистичного параметра в межах досліджуваної території σ_n^2 , на якій розташовані метеорологічні станції, можна представити у вигляді суми випадкової $\sigma_{\text{вип.}}^2$ та географічної $\sigma_{\text{геогр.}}^2$ складових

$$\sigma_n^2 = \sigma_{\text{вип.}}^2 + \sigma_{\text{геогр.}}^2 \quad (1)$$

Повна дисперсія σ_n^2 певної статистичної характеристики оцінюється за формулою

$$\sigma_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (A_i - A_{\text{сер.}})^2}{k-1}, \quad (2)$$

де i – індекс об'єкта; k – кількість об'єктів, що розглядаються сумісно; A_i – оцінка досліджуваного параметра по i -й метеостанції; $A_{\text{сер.}}$ – середнє з оцінок параметрів за всіма об'єктами

$$A_{\text{сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{k}. \quad (3)$$

Під символом A розуміються будь-які статистичні параметри розподілу – середнє арифметичне $\bar{x}$, коефіцієнти варіації C_v , асиметрії C_s , квантілі x_p тощо. Розрахунки цих параметрів виконуються по кожному об'єкту, який входить до угруповання, з використанням відомих у математичній статистиці методів.

Випадкова складова розсіювання $\sigma_{\text{вип.}}^2$ параметра A розраховується як осереднена по k об'єктах дисперсія параметра

$$\sigma_{\text{вип.}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{A_i}^2}{k}, \quad (4)$$

де σ_{A_i} –середньоквадратичне відхилення визначення параметра A для i -ї метеостанції.

Величина географічної складової дисперсії розраховується як різниця між повною дисперсією та її випадковою складовою $\sigma_{\text{вип.}}^2$.

$$\sigma_{\text{геогр.}}^2 = \sigma_n^2 - \sigma_{\text{вип.}}^2. \quad (5)$$

Порівнюючи ряди, можна об'єднати їх в одну сукупність, якщо

$$\sigma_{\text{вип.}}^2 > \sigma_{\text{геогр.}}^2. \quad (6)$$

Установлені середні районні значення добових опадів $\bar{H}_m$, коефіцієнти варіації C_v й співвідношення C_s/C_v наводяться в табл.1.

Таблиця 1. Значення випадкової й географічної складових дисперсії та середніх величин добових опадів на території Півдня України

Характеристики паводків	Кількість метеостанцій	Дисперсія			Середнє районне значення
		σ_n^2	$\sigma_{\text{вип.}}^2$	$\sigma_{\text{геогр.}}^2$	
H_m , мм	72	19,74	10,77	8,97	39.7
C_v	72	0,008	0,008	-0,001	0,42
$C_s/C_v = 3,0$					

Як видно (див. табл. 1), для добових максимумів опадів у всіх випадках географічна складова дисперсії має менші значення, ніж випадкова.

Отже, всі дані за цими величинами можна об'єднати в один район. З урахуванням районування розрахункове значення $\bar{H}_{1\%} = 92$ мм, що близьке до величини, отриманої за результатами стандартної статистичної обробки ($\bar{H}_{1\%} = 96$ мм).

Проведений аналіз однорідності полів добових максимумів опадів у теплу пору року призводить до важливих висновків.

За характером розподілу добових максимумів дощових опадів за всіма статистичними параметрами: середнім ($\bar{H}_m$), коефіцієнтами варіації (C_v) та співвідношенням (C_s/C_v) досліджувана територія є статистично однорідною. З цього випливає важливе положення щодо науково-методичних підходів до просторового узагальнення $\bar{H}_m$. Вони підлягають у межах досліджуваної території об'єднанню в одну статистичну вибірку і, таким чином, не можуть відображатися ізолініями, як це прийнято у чинному СНіП 2.01.14-83.

За цих умов більші можливості дає застосування *методу статистичних випробувань* – дослідження повторюваності екстремумів, що призводить до побудови кривої забезпеченості забезпеченостей максимальних (мінімальних) членів рядів [6]. Теоретичний розподіл забезпеченостей для максимальних членів вибірки можна записати таким чином:

$$P_p(x) = 1 - (1 - P_x)^n, \quad (7)$$

де $P(x)$ – забезпеченість у часовому ряді, n – кількість вибірок, із яких вибираються екстремуми.

Забезпеченість забезпеченостей розраховують за формулою

$$P_p(x) = \frac{m}{N+1}, \quad (8)$$

де m – порядковий номер спадного ряду, N – кількість об'єктів.

На практиці зручніше будувати криві забезпеченості, розташовуючи їх у ряд зростання. Для цього випадку формулу (7) можна записати у вигляді [6]:

$$P(x) = 1 - [1 - Pp(x)]^{1/n}. \quad (9)$$

Відхилення емпіричної кривої $P(x)$ від теоретичної є ознакою того, що прийнятий закон розподілу в області екстремальних значень відхиляється від дійсного розподілу [6].

Як показали розрахунки, часові ряди спостережених максимальних витрат води, шарів стоку та добових опадів, на основі яких були визначені величини C_v і C_s для більшості створів, характеризуються, насамперед, великою мінливістю й мають значну додатну асиметрію. При цьому для деяких річок окремі найбільші дощові витрати води й шари стоку паводків, зареєстровані за період спостережень, різко відрізняються за своїми величинами. Тому для уточнення одержаних статистичних характеристик стоку дощових паводків і добових опадів було застосовано метод повторюваності екстремумів або забезпеченості забезпеченостей.

З рядів вихідних даних по кожному посту були визначені максимальні за період спостережень добові опади. Далі для значень H_m , розташованих у спадному порядку, за формулами (8) і (9) були розраховані забезпеченості максимальних членів просторових вибірок і побудована відповідна крива забезпеченості, що наводиться нижче (рис. 2), на основі якої було отримано $H_{1\%} = 95$ мм.

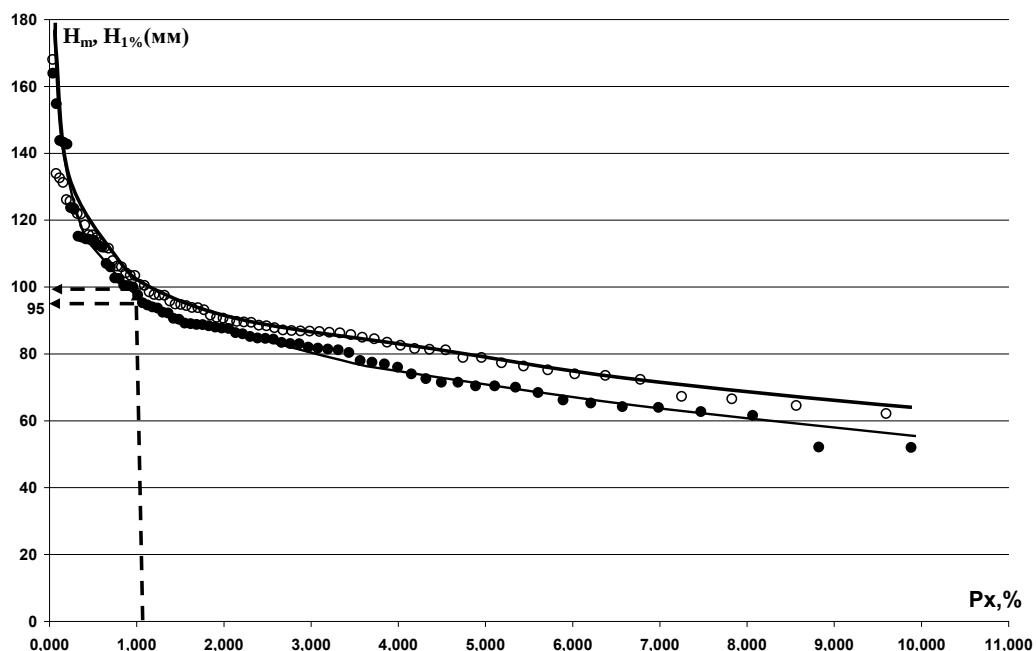


Рис. 2. Крива забезпеченості просторового розподілу максимальних добових опадів та 1%-х квантилів на території Півдня України

Можливий ще один варіант для уточнення розрахункових шарів максимальних добових опадів. За рекомендацією [6], просторовому узагальненню можуть підлягати не лише екстремуми часових рядів, а й їх квантильні значення. З цією метою здійснене просторове узагальнення $H_{1\%}$, які попередньо були

встановлені за індивідуальними часовими рядами. Відповідна крива забезпеченості забезпеченостей наводиться на рис. 2. За допомогою цієї кривої встановлено остаточне розрахункове значення $H_{1\%}$, для досліджуваної території, що дорівнює 100мм [7].

Висновки:

1. Характерними особливостями гідрологічного режиму річок досліджуваної території є дощові паводки, які в окремі роки набувають катастрофічних розмірів (особливо на невеликих за площами водозборах).

2. Статистична обробка часових рядів опадів виконувалась із застосуванням методів моментів і найбільшої правдоподібності, а величини різної ймовірності перевищення визначались із використанням біноміального розподілу Пірсона III і трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького і М.Ф. Менкеля.

3. Ураховуючи порівняно короткі ряди спостережень за опадами, здійснене їх уточнення з використанням методу сумісного аналізу, а також кривої забезпеченості забезпеченостей.

4. За добовими максимумами опадів уся територія Півдня України віднесена до одного району що дало змогу для випадку одинісоткових квантилів добових опадів із застосуванням кривої забезпеченості забезпеченостей обґрунтувати $H_{1\%}$ на рівні 100 мм

Список літератури

1. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83 – (діючий від 1983 01.01) – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с. 2. *Рожественский А.В.* Статистические методы в гидрологии / А.В. Рожественский, А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 423с. 3. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – Санкт-Петербург, 2010. – 162 с. 4. *Крицкий С.Н.* Гидрологические основы управления речным стоком / С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель. – М., 1981. – 254 с. 5. *Лобода Н.С.* Обоснование районирования статистических параметров стока, определяемых по наблюдаемым данным с малой степенью достоверности / Н.С. Лобода, Е.Д. Гопченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - Т.5. - 2003. - С. 35 -41. 6. *Калинин Г.П.* Проблемы глобальной гидрологии. / Г.П. Калинин – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 376с. 7. *Гопченко Є.Д.* Зливові опади на території Півдня України / Є.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Н.С. Кічук // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2012. – Вип. 262. – С. 94 – 99 .

Розрахункові характеристики дощових опадів на Півдні України

Кічук Н.С.

Запропоновані нові підходи щодо нормування добових опадів у структурі формул максимального стоку дощових паводків на прикладі річок Півдня України.

Ключові слова: нормативна база, максимальний стік, зливові опади.

Расчетные характеристики дождевых осадков на Юге Украины

Кичук Н.С.

Предложены новые подходы к нормированию суточных осадков в структуре максимального стока дождевых осадков на примере рек Юга Украины.

Ключевые слова: нормативная база, максимальный сток, ливневые осадки.

Expected characteristics of rainfall in the South of Ukraine

Kichuk N.S.

New approaches to normalization of daily rainfall in structure of the maximum runoff of rainfall on the example of the rivers of the South of Ukraine are offered.

Keywords: regulatory base, maximum runoff, storm rainfall.

Надійшла до редколегії 31.10.2014

Пясецька С.І.

Український гідрометеорологічний інститут

**ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ
ВІДКЛАДЕНЬ ОЖЕЛЕДІ КАТЕГОРІЇ НЯ ТА СГЯ
ПО ОКРЕМИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СТАНЦІЯХ УКРАЇНИ
ПРОТЯГОМ 1991-2000 ТА 2001-2010 рр.**

Ключові слова: метеорологічні станції, відкладення ожеледі небезпечного (НЯ) та стихійного (СГЯ) характеру

Вступ. Відкладення ожеледі категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні) є дуже несприятливим погодним явищем для ряду областей України, які суттєвим чином впливають на функціонування ряду ланок господарського комплексу країни - у першу чергу на енергетику, транспорт та комунальне господарство, створюючи аварійні ситуації, руйнують об'єкти господарського комплексу, що призводить до перешкоджання сталого розвитку цих галузей і як наслідок - спричиняють істотні матеріальні втрати, а іноді навіть і людські жертви. Дослідженням особливостей виникнення та характеру розповсюдження відкладень ожеледі таких категорій на території України займалися ряд визначних вчених – Кошенко О.М., Волеваха В.М., Раєвській А.М., Бабіченко В.М. Проте у теперішній час для надання рекомендацій щодо прийняття рішень по захисту об'єктів господарського комплексу від небезпечних та стихійних явищ у майбутньому необхідно провести дослідження по встановленню характеру розподілу відкладень ожеледі категорії НЯ по станціях України протягом 2-х десятиріч 1991-2000 та 2001-2010 рр. Задля цього було досліджено характер розповсюдження цих відкладень на окремих станціях по усіх областях України та встановлення повторюваності цих відкладень на окремих станціях у місяці холодного періоду протягом років вищезгаданих десятиріч.

Огляд стану проблеми. Найбільш змістовно особливості та стан розповсюдження ожеледо-паморозевих утворень і зокрема ожеледі на території України протягом кінця 30-х – 60-х років ХХ століття представлено у роботах [4, 6, 7]. Було визначено, що найбільшій повторюваності це явище набуває протягом грудня – лютого і 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). Найбільш часто небезпечні відкладення ожеледі мали місце в районі Донецького кряжу, Приазовської височини та Криму. У [5, 9] було оцінено було оцінено вірогідність відкладень ожеледі небезпечного та стихійного характеру. Так, на Україні за територіальною ознакою для відкладень ожеледі категорії СГЯ (діаметр ≥ 20 мм) у вищезгаданих дослідженнях було виділено 4 райони: 1 – Донецька, Луганська, Вінницька, Кіровоградська, Одеська, Миколаївська області (1 раз за 2-3 роки); 2 – Тернопільська, Хмельницька, Полтавська, Харківська, Дніпропетровська, Херсонська області (1 раз за 5 років); 3 – Рівненська, Житомирська, Київська, Черкаська, Івано-Франківська, Запорізька області та АР Крим (1 раз на 10 років); 4 – Волинська, Чернігівська, Сумська, Львівська, закарпатська, Чернівецька області (1 раз на 20 років). Останньою з опублікованих робіт з дослідження стихійних метеорологічних явищ на Україні у тому числі і сильної ожеледі є монографія [10], яка доповнює кліматологічну

інформацію минулих років та висвітлює стан інтенсивності та розповсюдження стихійних явищ, у тому числі відкладень ожеледі стихійного характеру протягом 1985-2005 рр.

Доведено [1 – 3, 8], що виникнення відкладень ожеледі стихійного характеру (СГЯ) пов'язане із наступними синоптичними ситуаціями - при виході південних циклонів – 78% випадків, на групу західних та північно-західних траєкторій припадає до 25%, а на північну до 1%. Встановлено, що відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігається значно частіше при проходженні теплих фронтів (із південного заходу), а також в зоні стаціонарних фронтів та фронтів із хвилями – 71% випадків. Для гірських районів Криму найбільш ожеледонебезпечними є холодні фронти (76%). Встановлено, що для відкладень ожеледі категорії СГЯ внутрішньо масового походження найбільш ожеледонебезпечною синоптичною ситуацією є вплив південно-західної (західної) периферії антициклону – 68%, що є характерним для південного сходу України в районі Донецького кряжу та Приазовської височини [3].

Об'єкт, предмет та мета дослідження. Об'єктом дослідження є розповсюдження відкладень ожеледі категорій НЯ та СГЯ на метеорологічних станціях України. Предметом дослідження є особливості просторово-часового розподілу цих відкладень протягом окремих місяців періодів 1991-2000 та 2010 рр. Метою дослідження є виявлення найбільш вразливих ділянок регіонів України за станом відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ.

Характеристика висхідного матеріалу. Для аналізу залучались матеріали спостережень за відкладенням ожеледі на дратах стандартного ожеледного станка на усіх метеорологічних станціях України протягом окремих місяців періодів 1991-2000 та 2001-2010 рр. (Метеорологічний щомісячник, Вип.10. Україна). Матеріали подано у 2-х розділах, які відображають ситуацію із відкладеннями на окремих станціях ожеледі категорії НЯ (I) та СГЯ (II).

Обговорення результатів дослідження.

I. Розподіл відкладень ожеледі категорії НЯ по окремих станціях України протягом 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр.

Дослідженням встановлено, що у **січні** протягом **1991-2000 рр.** лише у 6 областях України з 25 адміністративних одиниць не спостерігалось відкладення ожеледі категорії НЯ (Волинська, Житомирська, Тернопільська, Вінницька, Івано-Франківська, Чернігівська). Найбільше усього станцій, на яких було відмічено ці відкладення були розташовані у АР Крим – 6 (Херсонський маяк, Мисове, Керч, Опасне, Владиславівна, Білогірськ), Одеській області – 5 (Любашівка, Роздільна, Болград, Одеса, Білгород-Дністровський), Запорізькій області – 4 (Запоріжжя, Гуляй Поле, Пришиб, Кирилівка), Харківській області - 4 (Богодухів, Коломак, Харків, Красноград). Здебільшого на кожній із перерахованих станціях протягом 1991-2000 рр. спостерігалось по 1 випадку із відкладенням ожеледі категорії НЯ, але на станції Любашівка їх було 3, а у Харкові – 2. На територіях Львівської, Кіровоградської, Дніпропетровської, Донецької областей по 3 станції спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ. Звертає а себе увагу те, що у Львівській області з 7 випадків відкладень ожеледі категорії НЯ у січні протягом 1991-2000 рр. на станціях Львів та Яворів спостерігалось відповідно 2 та 4 випадки із ними – у Львові у 2-х роках з 10, а у Яворові у 3-х. У Кіровоградській області (МС Кіровоград) спостерігалось 3 випадки із ожеледдю категорії НЯ у 3-х роках з 10, а у Дебальцевому (Донецька область)- 2 випадки у 2 роках з 10. На території інших областей також було виділено станції, на яких спостерігались такі відкладення ожеледі. Так, у Луганській області (МС Дар'івка) протягом 1991-2000 рр. було 5 випадків із ними у 3-х з 10 років, у Хмельницькій (МС Хмельницький) – 3 випадки у

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.4(35)

3-х роках. У **лютому** 1991-2000 рр. у 10 з 25 областей не спостерігалось відкладень ожеледі категорії НЯ (Сумська, Волинська, Житомирська, Київська, Полтавська, Харківська, Тернопільська, Черкаська, Вінницька, Іванно-Франківська, Чернівецька області). Найбільше станцій із відкладеннями ожеледі категорії НЯ спостерігалось на території Херсонської області (Хорли, Бехтери, Асканія Нова, Генічеськ, Бехтери, Нижні Сі рогози), АР Крим (Нижнегірськ, Ішунь, Євпаторія, Джанкой, Мисове, Сімферополь) по 6 у кожній, а також у Донецькій (Дебальцеве, Амвросіївна, Маріуполь), Одеській (Одеса, Затишшя, Іллічівськ) та Запорізькій (Пришиб, Ботієве, Бердянськ) областях – по 3 у кожній з них. За кількістю випадків відкладень ожеледі категорії НЯ серед перерахованих станцій протягом зазначеного періоду особливо виділяються станції Дебальцеве, де спостерігалось 4 випадки таких відкладень у 4 з 10 років, Пришиб – 3 випадки, Хорли – 2, Євпаторія – 2. Серед інших областей звертає на себе особливу увагу Луганська область зі станцією Дарівка, на якій було відмічено 9 випадків із відкладеннями ожеледі НЯ у 7 з 10 років. Також можна відмітити у Кіровоградській області МС Помічну, та у Закарпатській області МС Плай на яких протягом лютого 1991-2000 рр. спостерігалось 2 випадки із відкладеннями ожеледі категорії НЯ. У **березні** протягом цього 10 річного періоду відкладення ожеледі категорії НЯ спостерігались на території 13 областей. Не спостерігалось таких відкладень на територіях Волинської, Тернопільської, Рівненської, Львівської, Хмельницької, Закарпатської, Чернівецької, Івано-Франківської, Чернігівської, Харківської, Вінницької, Дніпропетровської областей. Найбільше усього станцій із відкладеннями ожеледі категорії НЯ мало місце у Черкаській області - 5 (Канів, Черкаси, Сміла, Золотоноша, Чигирин), Кіровоградській – 6 (Кіровоград, Долинська, Новомиргород, Знам'янка, Помічна, Бобринець), Донецькій – 3 (Волноваха, Красноармійськ, Дебальцеве), Полтавській, Миколаївській та Херсонській областях по 2 у кожній, відповідно – Лубни, Полтава, Вознесенськ, Очаків, Асканія Нова, Нижні Сірогози. У цілому на вищезгаданих станціях спостерігалось по 1 випадку із відкладеннями ожеледі НЯ, але у Черкасах та Нижніх Сірогозах спостерігалось по 2 таких випадки. У інших областях - Сумській, Житомирській, Київській, Полтавській, Луганській, Одеській, Запорізькій областях та АР Крим небезпечні відкладення ожеледі спостерігала 1 станція. Характерною ознакою **квітня** та **жовтня** є те, що відкладення ожеледі категорії НЯ та СГЯ на території України малопоширені. У квітні протягом 1991-2000 рр. відкладення ожеледі категорії НЯ спостерігались у Дебальцевому – 1 випадок (Донецька область) та Плай – 2 випадки (Закарпатська область), а у жовтні цього десятиріччя на МС Плай – 1 випадок. У **листопаді** 1991-2000 рр. на території переважної більшості областей (22) за виключенням Волинської, Тернопільської та Чернівецької спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ. Більше усього станцій що спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ було у Дніпропетровській області – 9 (Синельникове, Лошкарівка, Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Комісарівка, Губініха, Павлоград, Кривий Ріг, Нікополь). Причому, з цих 10 років найчастіше (2-3 випадки) спостерігались на МС Синельникове, Лошкарівка та Губініха. Також від 4 до 6 станцій спостерігали відкладення такої ожеледі у Сумській, Харківській, Полтавській, Кіровоградській, Херсонській областях. Серед станцій цих областей особливо виділяються станції із підвищеною повторюваністю випадків із ожеледдю небезпечного діаметру – Веселий Поділ, Гадяч, Полтава (Полтавська область) – по 2 випадки на кожній; Кіровоград, Знам'янка (Кіровоградська область) – відповідно 5 та 2 випадки, Хорли, Асканія Нова (Херсонська область) – по 2 випадки. Крім того є ще ряд станцій у інших областях, які також частіше за інші протягом означеного

десятиріччя спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ – Житомир (Житомирська область), Біла Церква (Київська область), Чигирин (Черкаська область), Дебальцеве (Донецька область), Любашівка (Одеська), Пришиб (Запорізька), а також особливо Дар'івка (Луганська область) на якій було 5 випадків таких відкладень. У **грудні** протягом 1991-2000 рр., так само як і у листопаді ожеледь категорії НЯ спостерігалась на більшості території України. Таких відкладень не спостерігалось тільки у Волинській, Рівненській, Львівській та Житомирській областях. Найбільше усього станцій із відкладеннями ожеледі категорії НЯ спостерігалось на територіях східної та південно-східної частини України: Харківської області – 8 (Харків, Великий Бурлук, Ізюм, Куп'янськ, Красноград, Комсомольське, Лозова, Богодухів), Кіровоградської області – 6 (Знам'янка, Світловодськ, Бобринець, Кіровоград, Долинська, Помічна), Дніпропетровської – 5 (Кривий Ріг, Дніпродзержинськ, Синельникове, Павлоград, Чаплине), Донецької – 7 (Донецьк, Амвросіївна, Дебальцеве, Красноармійське, Артемівськ, Волноваха, Маріуполь), Луганської – 4 (Дар'івка, Троїцьке, Новопсков, Сватове), Запорізької (Пришиб, Гуляй Поле, Боїтєве, Кирилівка, Бердянськ, Запоріжжя, Мелітополь), Херсонської – 7 (Нижні Сі рогами, Бехтери, Хорли, Херсон, Асканія Нова, Генічеськ, Нова Каховка) та АР Крим – 7 (Чорноморське, Євпаторія, Клепінене, Керч, Опасне, Роздольне, Сімферополь). На більшості вищезгаданих станцій відкладення ожеледі НЯ протягом періоду 1991-2000 рр. спостерігались по 1 разу, але є станції, де ці відкладення спостерігались 2 та більше раз. По 2 випадки такої ожеледі було на МС Харків, Великий Бурлук, Ізюм, Куп'янськ, Синельникове, Донецьк, Амвросіївка, Красноармійськ, Маріуполь, Ботієве, Нижні Сірогами, Опасне; 3 - у Амвросіївці. Але найбільше у Дар'івці та Дебальцевому по 8 випадків на кожній у 6 роках з 10. Крім того у ряді інших областей також були станції, на яких відкладення ожеледі НЯ спостерігалось більше 1 разу, це – Плай (3), Полтава (2), Любашівка (2).

У **січні** протягом **2001-2010 рр.** у більшості областей України, за виключенням Чернівецької Хмельницької, Тернопільської, Сумської та Вінницької спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ. Найбільше усього станцій (4-12), які спостерігали такі відкладення знаходились у Волинській області – 4: Луцьк, Любешів, Маневичи, Володимир-Волинський; Кіровоградській – 7: Кіровоград, Помічна, Волинська, Світловодськ, Гайворон, Знам'янка, Новомиргород; Донецької – 7: Амвросіївка, Красноармійське, Артемівськ, Дебальцеве, Маріуполь, Волноваха, Донецьк; Запорізької – 5: Пришиб, Мелітополь, Кирилівка, Бердянськ, Ботієве; Херсонської – 6: Нижні Сірогами, Нова Каховка, Бехтери, Хорли, Асканія Нова, Генічеськ, АР Крим -12: Мисове, Владіславівка, Севастополь, Чорноморське, Нижнегірськ, Опасне, Сімферополь, Поштове, Роздольне, Керч, Євпаторія, Феодосія. Крім того у Луганській області у січні протягом 2001-2010 рр. 3 станції – Дар'івка, Троїцьке та Біловодськ спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ. Найбільш часто ці відкладення спостерігались у Дар'івці – 8 випадків у 6 з 10 років, Дебальцевому 8 випадків у 4 з 10 років, 3 випадки у Донецьку, по 2 випадки у Луцьку, Комсомольському, Помічній, Амвросіївці, Маріуполі, Кирилівці, Миколаєві, Бехтерах, Асканії Новій, Мисовому, Нижнегорську, Опарному, Сімферополі. У **лютому** фактично в усіх областях України за виключенням Волинської та Житомирської області спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ. Найбільше (5-6) розповсюдження вони мали у Вінницькій області на станціях - Хмільник, Вінниця, Гайсин, Білопілля, Жмеринка; у Кіровоградській – Новомиргород, Кіровоград, Гайворон, Помічна, Волинська; у Дніпропетровській – Губініха, Дніпропетровськ, Лошкарівка, Синельникове, Чаплине; у Херсонській – Стрілкове, Бехтери, Велика Олександрівка, Нижні Сі рогами, Нова Каховка, Асканія

Нова. Ще по 4 станції у кожній спостерігалось у Одеській області – Болград, Одеса, Любашівка, Вилкове та у Запорізькій області – Пришиб, Ботієве, Кирилівка, Бердянськ. Здебільшого протягом означеного часу на них спостерігалось по 1 випадку відкладень ожеледі категорії НЯ, але були і такі, на яких спостерігалось по 2-4 випадки – Біла Церква, Вінниця, Помічна, Кіровоград, Дніпропетровськ, Губініха, Миколаїв, Баштанка, Нижні Сірогози. У інших областях протягом 2001-2010 рр. відкладення ожеледі НЯ спостерігались на 2-3 станціях. Але при цьому треба відмітити ряд станцій таких як Дар'івка, на якій було 10 випадків відкладень ожеледі категорії НЯ у 4 роках з 10, Маріуполь – 7 випадків у 5 роках з 10, та Дебальцеве 4 випадки у 4 роках з 10. У **березні** тільки у 11 областях спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ – Івано-Франківській, Закарпатській Сумській, Полтавській, Луганській, Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Херсонській областях та АР Крим. Найбільше число станцій, які протягом 2001-2010 рр. у березні спостерігали такі відкладення становило 4-5 і знаходились на території Харківської області – Ізюм, Харків, Куп'янськ, Великий Бурлук, Коломак; Донецької області – Донецьк. Маріуполь, Дебальцеве, Амвросіївна, Волноваха; АР Крим – Ай-Петрі, Сімферополь, Євпаторія, Нижнегірськ. За частотою виникнення відкладень ожеледі категорії НЯ на фоні інших станцій де спостерігалось по 1 випадку, виділяються - Донецьк, Дебальцеве, Дар'івка, Маріуполь та Амвросіївна де спостерігалось по 2-3 випадки. У **квітні та жовтні** випадки із відкладеннями ожеледі спостерігались у Івано-Франківській області на МС Пожижевська та Закарпатській – МС Плай, причому у квітні по 1 на кожній, а у жовтні по 2. У **листопаді** лише у 11 з 25 областей спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ – Закарпатській, Чернівецькій, Чернігівській, Київській, Вінницькій, Кіровоградській, Луганській, Донецькій, Одеській, Запорізькій областях. Найбільше число станцій із відкладенням ожеледі категорії НЯ спостерігалось у Київській області – Чорнобиль, Фастів, Тетерів, Київ, Біла Церква, а також у Вінницькій області - Вінниця, Білопілля Жмеринка. Однак за частотою прояву цього явища виділяються Дар'івка – 5 випадків у 2 роках з 10, Дебальцеве 4 випадки у 3 роках з 10 та Плай – 3 випадки у 3 роках з 10. У **грудні** майже в усіх областях України спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ за виключенням Чернігівської та Рівненської областей. За числом станцій (3-6), які спостерігали такі відкладення виділяються області - Львівська (Яворів, Рава-Руська, Мостиска), Івано-Франківська (Коломия, Івано-Франківськ, Пожижевська), Сумська (Конотоп, Ромни, Суми), Донецька (Дебальцеве, Маріуполь Волноваха), Миколаївська (Миколаїв, Очаків, Баштанка), Одеська (Роздільна, Ізмаїл, Сарата, Болград) але найбільш усього – Херсонська область (6 станцій – Генічеськ, Нова Каховка, Велика Олександрівка, Херсон, Хорли, Нижні Сірогози) та АР Крим (5 станцій – Опасне, Чорноморське, Сімферополь, Ішунь, Раздольне). Крім того на окремих станціях спостерігалась підвищена повторюваність відкладень ожеледі категорії НЯ. У першу чергу це Дар'івка (6 випадків у 3 роках з 10), Дебальцеве (6 випадків у 4 роках з 10), Маріуполь (4 випадки у 3 роках з 10), Тернопіль (3 у 3 роках з 10). Також до них можна додати ще МС - Великий Бурлук, Харків, Волноваха, Миколаїв, Баштанка, Нова Каховка, Херсон, Чорноморське, Ішунь, Роздольне, на яких спостерігалось по 2 випадки з такими відкладеннями.

Можна сказати, що протягом останніх 20 років (1991-2010 рр.) найбільш вразливими за повторюваністю відкладень ожеледі категорії НЯ були пункти які зазначені у табл.1. Крім того у цій таблиці окремо виділено пункти на яких відкладення ожеледі категорії НЯ спостерігались у обох з досліджуваних десятиріч. Встановлено, що у ряді областей – Харківській, Луганській, Вінницькій, Донецькій, Чернівецькій, Херсонській та АР Крим ожеледь категорії НЯ

утворюється на одних і тих самих станціях, або на їх більшості. У окремих областях до станцій, на яких і у 1-му і у 2-му з досліджуваних десятиріч спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ приєднувались ряд інших станцій у якомусь з досліджуваних періодів. Крім того є області на території яких у 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр. відкладення ожеледі категорії НЯ спостерігались на різних станціях (Івано-Франківська область), а також Волинська область на території якої у 1991-2000 рр. відкладень ожеледі категорії НЯ не спостерігалось, проте протягом 2001-2010 рр. вони спостерігались вже на 5 станціях. Також можна говорити про 3 певні тенденції за числом станцій, які спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ протягом окремих десятиріч, а саме – 1 - коли на території ряду областей в обох десятиріччях спостерігалось рівна кількість станцій із відкладеннями ожеледі категорії НЯ (Чернігівська, Львівська, Вінницька, Чернівецька, Луганська, Донецька, Одеська, Миколаївська області); 2–а тенденція, коли у десятиріччі 2001-2010 рр. кількість станцій із відкладеннями ожеледі категорії НЯ у певних областях збільшилась (Волинська, Київська, Закарпатська, Івано-Франківська, Тернопільська, Херсонська області); 3-я – коли у останньому десятиріччі (2001-2010 рр.) спостерігається незначне (1-2, інколи 3 станції) зменшення кількості станцій на яких спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ. При цьому треба відмітити Полтавську, Черкаську та Дніпропетровську області на території яких помічено найбільше (до 3-х) зменшення кількості станцій на яких спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ у останньому десятиріччі (табл. 1).

Таблиця 1. Пункти на яких спостерігались відкладення ожеледі категорії НЯ у холодний період року протягом окремих десятиріч періоду 1991-2010 рр. **

№ п/п	Область	1991-2000 рр.	Кількість	2001-2010 рр.	Кількість
1	2	3	4	5	6
1	Чернігівська	Семенівка, Прилуки, Чернігів	3	Покошичі, Щорс, Чернігів	3
2	Сумська	Суми, Конотоп, Глухів Лебедин, Дружба	5	Суми, Конотоп Глухів , Ромни	4
2	Волинська	-	0	Луцьк, Любешів, Маневичи, Володимир-Волинський	
4	Рівненська	Рівне , Дубно	2	Рівне	1
5	Житомир-ська	Житомир, Коростень, Олевськ	3	Коростень, Олевськ Овруч	3
6	Київська	Миронівка, Фастів, Біла Церква , Яготин	4	Київ, Фастів, Біла Церква , Чорнобиль, Бориспіль, Тетерів	6
7	Львівська	Яворів , Львів, Дрогобич	3	Яворів , Броди, Стрий	3
8	Хмельницька	Хмельницький, Ямполь , Нова Ушиця, Шепетівка	4	Хмельницький, Ямполь	2
9	Полтавська	Полтава, Кобеляки , Лубни, Веселий Поділ, Гадяч	5	Полтава, Кобеляки	2

1	2	3	4	5	6
10	Харківська	Богодухів, Харків, Коломак, Красноград, Лозова, Комсомольське, Великий Бурлук, Ізюм, Куп'янськ	9	Богодухів, Харків, Комсомольське, Лозова, Красноград, Великий Бурлук, Ізюм	7
11	Тернопільська	Тернопіль	1	Тернопіль, Кременець	2
12	Черкаська	Сміла, Канів, Умань, Звенигородка, Черкаси, Золотоноша, Чигирин	7	Сміла, Канів, Умань, Звенигородка	4
13	Луганська	Дар'ївка, Троїцьке, Біловодськ, Сватове Новопсков	5	Дар'ївка, Троїцьке, Біловодськ, Сватове, Новопсков	5
14	Вінницька	Жмеринка, Білопілля, Гайсин, Хмільник, Вінниця	5	Жмеринка, Білопілля, Гайсин, Хмільник, Вінниця	5
15	Івано-Франківська	Долина	1	Пожежевська, Івано-Франківськ, Коломия	3
16	Кіровоградська	Кіровоград, Помічна, Долинська, Новомиргород, Знам'янка, Помічна, Бобринець, Світловодськ	8	Кіровоград, Помічна, Долинська, Новомиргород, Знам'янка, Гайворон, Світловодськ	7
17	Дніпропетровська	Губініха, Синельникове, Павлоград, Нікополь, Дніпропетровськ, Лошкарівка, Дніпро-дзержинськ, Комісарівка, Кривий Ріг, Чаплине	10	Губініха, Синельникове, Дніпропетровськ, Лошка-рівка, Нікополь, Кривий Ріг, Чаплине	7
18	Донецька	Дебальцеве, Донецьк, Волноваха, Америкосівка, Маріуполь, Красноармійське, Донецьк, Артемівськ	8	Дебальцеве, Донецьк, Волноваха, Америкосівка, Маріуполь, Красноармійське, Донецьк, Артемівськ	8
19	Закарпатська	Ужгород, Плай	2	Ужгород, Плай, Нижні Ворота	3
20	Чернівецька	Новодністровськ, Чернівці	2	Новодністровськ, Чернівці	2
21	Одеська	Любашівка, Роздільна, Болград, Одеса, Затишшя, Білгород Дністровський, Ільчівськ	8	Любашівка, Роздільна, Болград, Одеса, Затишшя, Вилкове, Ізмаїл, Сарата	8
22	Запорізька	Запоріжжя, Гуляй Поле Пришиб, Кирилівка, Ботієве, Бердянськ, Мелітополь	7	Запоріжжя, Пришиб, Кирилівка, Ботієве, Бердянськ, Мелітополь	6

1	2	3	4	5	6
23	Миколаївська	<i>Вознесенськ, Миколаїв, Очаків, Баштанка</i>	4	<i>Вознесенськ, Миколаїв, Очаків, Баштанка</i>	4
24	Херсонська	<i>Нижні Сірогози, Бехтери, Хорли, Асканія Нова, Генічеськ, Нова Каховка, Херсон</i>	7	<i>Нижні Сірогози, Бехтери, Хорли, Нова Каховка, Асканія Нова, Генічеськ, Стрілкове, Велика Олек-сандрівка, Херсон</i>	9
25	АР Крим	<i>Херсонеський маяк, Мисове, Керч, Опасне, Владиславівна, Нижнегірськ, Білогірськ, Ішунь, Євпаторія, Джанкой, Сімферополь, Ай-Петрі, Раздольне, Чорноморське, Клепінине</i>	15	<i>Мисове, Керч Опасне Владиславівка, Нижнегірськ, Ішунь Євпаторія, Севастополь, Чорноморське, Поштове, Сімферополь, Ай-Петрі, Раздольне, Феодосія</i>	14

**** Примітка.** Напівжирним курсивом виділено пункти, на яких відкладення ожеледі категорії НЯ спостерігались у обох з досліджуваних десятиріч періоду 1991-2010 рр.

З'ясовано, що у цілому особливої уваги потребує ряд областей - Закарпатська, Івано-Франківська, Тернопільська, Київська та Херсонська на території яких протягом останніх 10 років (2001-2010 рр.) збільшилось число станцій, які спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ. Крім того необхідно звернути увагу на виділені станції (див. табл. 1), на яких протягом обох десятиріч періоду 1991-2010 рр. мали місце відкладення ожеледі категорії НЯ, особливо на ті де спостерігалась підвищена їх повторюваність – Плай (Закарпатська область); Яворів (Львівська); Тернопіль (Тернопільська); Біла Церква, Фастів (Київська область), Вінниця (Вінницька область); Харків, Лозова, Великий Бурлук, Ізюм, Куп'янськ (Харківська область); Кіровоград, Знам'янка, Помічна (Кіровоградська область), Синельникове, Губініха, Лошкарівка (Дніпропетровська область); Дар'івка (Луганська область) Донецьк, Дебальцеве, Амвросіївна, Красноармійське, Маріуполь (Донецька область), Пришиб, Ботієве (Запорізька область), Нижні Сірогози, Бехтери, Асканія Нова (Херсонська область); Миколаїв, Баштанка (Миколаївська область); Роздольне, Ішунь, Ай-Петрі, Опасне, Мисове, Нижнегірськ (АР Крим). Також встановлено, що досить часто відкладення ожеледі категорії НЯ утворюються майже одночасно на станціях Дар'івка (Луганська область) та Дебальцеве (Донецька область).

II. Розподіл відкладень ожеледі категорії СГЯ по окремих станціях України протягом 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр.

Дослідженням встановлено, що у цілому протягом **1991-2000 рр.** найбільш часто відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались у **листопаді** та **грудні**. Так, у **листопаді** протягом 1991-2000 рр. відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались на території 10 областей: Хмельницької (Шепетівка, Нова Ушиця), Полтавської (Гадяч), Луганської (Дар'івка), Кіровоградської (Долинська), Дніпропетровської (Комісарівка), Донецької (Дебальцеве, Маріуполь), Чернівецької (Новдністровськ), Одеської (Любашівка, Сербка, Роздільна), Запорізької (Пришиб),

Миколаївської (Вознесенськ) по 1 випадку на кожному з вищезгаданих пунктів. У **грудні** цього десятиріччя випадки із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ спостерігались на території 7 областей - Луганської (Дар'ївка), Кіровоградської (Помічна), Дніпропетровської (Кривий Ріг, Нікополь, Лошкарівка), Донецької (Донецьк), Закарпатської (Плай), Одеської (Любашівка), Запорізької (Пришиб). Здебільшого на вищезгаданих станціях спостерігалось по 1 випадку відкладень ожеледі категорії СГЯ, однак у грудні протягом 1991-2000 рр. у Донецьку та Плаю спостерігалось по 2 таких випадки. У **січні, лютому, березні, квітні та жовтні** 1991-2000 рр. випадки із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ були нечисленні. У **січні** вони спостерігались у Донецькій області у Дебальцевому та Херсонській області у Нижніх Сірогозах, **лютому** - у Закарпатській області на МС Плай та АР Крим на МС Опасне, **березні** - у Кіровоградській області у Кіровограді, **квітні та жовтні** на МС Плай. Здебільшого на вказаних пунктах спостерігалось по 1 випадку із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ, але у лютому на МС Плай мало місце 3 випадки із такими відкладеннями.

У наступному десятиріччі – **2001-2010 рр.** найбільше число випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ спостерігалось у **січні, лютому та грудні**. Так, у **січні** 2001-2010 рр. випадки із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ спостерігались на території ряду областей – Харківської (Куп'янськ), Донецької (Маріуполь, Дебальцеве), Закарпатської (Плай) та АР Крим (Ангарський перевал, Мисове). У Маріуполі протягом цього десятиріччя було 2 випадки із ожеледдю категорії СГЯ, а у Плаю – 3. У **лютому** відкладення ожеледі категорії СГЯ на території 8 областей – Луганській (Дар'ївка), Дніпропетровській (Нікополь, Синельникове), Донецькій (Дебальцеве), Закарпатській (Плай), Одеській (Любашівка), Миколаївської (Миколаїв), Херсонської (Нижні Сірогози), АР Крим (Ай-Петрі). На МС Плай у лютому протягом 2001-2010 рр. спостерігалось 3 випадки із відкладеннями ожеледі стихійного характеру. У **грудні** протягом 2001-2010 рр. у 7-х областях спостерігались відкладення ожеледі категорії СГЯ – Житомирській (Овруч), Луганській (Дар'ївка), Вінницькій (Вінниця), Донецькій (Дебальцеве, Маріуполь), Закарпатській (Плай), Одеській (Любашівка, Затишшя), Херсонській (Асканія Нова, Бехтери). Здебільшого на вищезгаданих станціях спостерігалось по 1 випадку із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ, але протягом цього періоду у Дар'ївці та Дебальцевому спостерігалось по 2 випадки із ними, а на МС Плай навіть 4. У **березні, жовтні та листопаді** 2001-2010 рр. на території України спостерігались окремі випадки відкладень ожеледі категорії СГЯ, які усі були у Закарпатській області на МС Плай, причому у кількості 2-3-х випадків. У **квітні** цього періоду випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ на території України не спостерігалось.

Встановлено перерозподіл кількості випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ у ряді місяців холодного періоду у окремі десятирічні періоди 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр. а саме збільшення цих випадків у січні та лютому у 2001-2010 рр. та їх зменшення у листопаді. З'ясовано тенденцію до збільшення кількості випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ на МС Плай у більшості з досліджуваних місяців холодного періоду року у 2-му десятиріччі. У останньому з досліджуваних десятиріч (2001-2010 рр.) у більшості місяців холодного періоду року на МС Плай збільшилась кількість випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ.

З'ясовано, що за кількістю областей, на території яких спостерігались відкладення ожеледі категорії СГЯ десятирічні періоди 1991-2000 рр. та 2011-2010 рр. були дещо відмінні один від одного – у 1-му періоді ці відкладення спостерігались на території 13 областей, а у 2-му у 11 областях. Існують і певні

відмінності у географії їх розповсюдження. Так, відкладення ожеледі категорії СГЯ у 2001-2010 рр.(порівняно із 1991-2000 рр.) з'явились у Житомирській, Харківській та Вінницькій областях, але були відсутні у Хмельницькій, Полтавській, Кіровоградській та Чернівецькій областях. Крім того з'ясовано, що у ряді областей відбулись зміни у територіальному розповсюдженні цих відкладень. Так, у Дніпропетровській та Донецькій областях зменшилось кількість станцій із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ і дещо змінився їх склад, а у Херсонській області та АР Крим навпаки кількість станцій із такими відкладеннями збільшилась. Також встановлено ряд станцій, на яких протягом обох десятиріч 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр. спостерігались відкладення ожеледі категорії СГЯ – це Дар'івка (Луганська область), Нікополь (Дніпропетровська область), Дебальцеве, Маріуполь (Донецька область), Плай (Закарпатська область), Любашівка (Одеська область), Нижні Сірогози (Херсонська область). Тобто ці регіони постійно відчувають вплив відкладень ожеледі небезпечного та стихійного характеру на свою господарську діяльність (табл. 2).

Таблиця 2. Пункти на яких спостерігались відкладення ожеледі категорії СГЯ у холодний період року протягом окремих десятиріч періоду 1991-2010 рр. **

№ п/п	Область	1991-2000 рр.	Кількість	2001-2010 рр.	Кількість
1	Чернігівська	-	0	-	0
2	Сумська	-	0	-	0
3	Волинська	-	0	-	0
4	Рівненська	-	0	-	0
5	Житомирська	-	0	Овруч	1
6	Київська	-	0	-	0
7	Львівська	-	0	-	0
8	Хмельницька	Шепетівка, Нова Ушиця	2	-	0
9	Полтавська	Гадяч	1	-	0
10	Харківська	-	0	Куп'янськ	1
11	Тернопільська	-	0	-	0
12	Черкаська	-	0	-	0
13	Луганська	Дар'івка	1	Дар'івка	1
14	Вінницька	-	0	Вінниця	1
15	Івано-Франківська	-	0	-	0
16	Кіровоградська	Кіровоград, Волинська, Помічна	3	-	0
17	Дніпропетровська	Комісарівка, Кривий Ріг, Нікополь , Лошкарівка	4	Нікополь , Синельнікове	2
18	Донецька	Дебальцеве , Маріуполь , Донецьк	3	Дебальцеве , Маріуполь	2
19	Закарпатська	Плай	1	Плай	1
20	Чернівецька	Новодністровськ	1	-	0
21	Одеська	Любашівка , Сербка, Роздільна	3	Любашівка , Затишшя	2
22	Запорізька	Пришиб	1	-	
23	Миколаївська	Вознесенськ	1	Миколаїв	1
24	Херсонська	Нижні Сірогози	1	Нижні Сірогози , Асканія Нова, Бехтери	3
25	АР Крим	Опасне	1	Ангарський перевал, Мисове, Ай-Петрі	3

**** Примітка.** Напівжирним курсивом виділено пункти, на яких відкладення ожеледі категорії СГЯ спостерігались у обох з досліджуваних десятиріч періоду 1991-2010 рр.

Висновки.

1. Аналіз розподілу відкладень ожеледі категорії НЯ по окремих станціях України протягом 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр. показав, що на території Закарпатської, Івано-Франківської, Тернопільської, Київської та Херсонської областей протягом останніх 10 років (2001-2010 рр.) збільшилось число станцій, які спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ.

2. Встановлено перерозподіл числа випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ у ряді місяців холодного періоду року 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр. із їх збільшенням у січні та лютому у 2001-2010 рр. та їх зменшення у листопаді. З'ясовано тенденцію до збільшення кількості випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ на МС Плай у більшості з досліджуваних місяців холодного періоду року у 2001-2010 рр.

3. Показано, що за кількістю областей, на території яких спостерігались відкладення ожеледі категорії СГЯ десятирічні періоди 1991-2000 рр. та 2011-2010 рр. були дещо відмінні один від одного – у 1-му періоді ці відкладення спостерігались на території 13 областей, а у 2-му у 11 областях.

4. З'ясовано, що у ряді областей відбулись зміни у територіальному розповсюдженні цих відкладень. Так, у Дніпропетровській та Донецькій областях зменшилось кількість станцій із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ і дещо змінився їх склад, а у Херсонській області та АР Крим навпаки кількість станцій із такими відкладеннями збільшилась.

Список літератури

1. Кошенко А.М. Особо опасные гололеды на Украине / А.М. Кошенко // Труды УкрНИГМИ. – 1976. – Вып. 134. – С. 79-91. 2. Кошенко А.М. Особо опасные отложения гололеда в Горном Крыму / А.М. Кошенко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 160. – С. 3-12. 3. Кошенко А.М. Рекомендации к прогнозу особо опасных отложений гололеда внутримассового происхождения на Украине / А.М. Кошенко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 160. С. 13-20. 4. Климат Украины / Под ред. Г.Ф. Прихотьюко, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 413 с. 5. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с. 6. Опасные явления погоды на Украине / Под ред. К.Т. Логвинова // Труды УкрНИГМИ. – 1972. Вып. 110. – 235 с. 7. Природа Украинской ССР. Климат / Под ред. К.Т. Логвинова, М.И. Щербаня. – К.: Наукова думка, 1984. – 231 с. 8. Прохоренко М.М. Распределение и условия возникновения особо опасных отложений атмосферного льда на территории Украины / М.М. Прохоренко, А.Н. Раевский // Труды УкрНИГМИ. – 1973. – Вып. 124. – С. 84-90. 9. Стихийные метеорологические явления на Украине и Молдавии / Под ред. В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 223 с. 10. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во Ніка-Центр, 2006. – 311 с.

Особливості просторово-часового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ по окремих метеорологічних станціях України протягом 1991-2000 та 2001-2010 рр.

Пясецька С.І.

У представленому дослідженні подано аналіз просторово-часового розповсюдження відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні) на окремих метеорологічних станціях України протягом 1991-2000 та 2001-2010 рр. по кожному з місяців холодного періоду року для визначення найбільш вразливих регіонів. Аналіз розподілу відкладень ожеледі категорії НЯ по окремих станціях України показав, що на території ряду областей протягом останніх 10 років (2001-2010 рр.) збільшилось число станцій, які спостерігали відкладення ожеледі категорії НЯ. Встановлено перерозподіл числа випадків із відкладеннями ожеледі категорії СГЯ у ряді місяців холодного періоду року протягом 1991-2000 рр. та 2001-2010 рр. із їх збільшенням у січні та лютому. та їх зменшення у листопаді у 2001-2010 рр. У ряді областей відбулись зміни у територіальному розповсюдженні цих відкладень – у одних їх кількість зменшилась, а у інших -

збільшилась, також змінився їх склад.

Ключові слова: метеорологічні станції, відкладення ожеледі небезпечного (НЯ) та стихійного (СГЯ) характеру

Особенности пространственно-временного распространения отложений гололеда категории ОЯ и СГЯ на отдельных метеорологических станциях Украины на протяжении 1991-2000 и 2001-2010 гг.

Пясецкая С.И.

В представленном исследовании дан анализ пространственно-временного распространения отложений гололеда категории ОЯ (опасные) и СГЯ (стихийные) на отдельных метеорологических станциях Украины на протяжении 1991-2000 и 2001-2010 гг. по каждому отдельному месяцу холодного периода года для определения наиболее опасных регионов. Анализ распределения отложений гололеда категории ОЯ на отдельных станциях Украины показал, что на территории ряда областей на протяжении последних 10 лет (2001-2010 гг.) увеличилось число станций, которые наблюдали отложения гололеда категории ОЯ. Установлено перераспределение числа случаев с отложением гололеда категории СГЯ в ряде месяцев холодного периода года на протяжении 1991-2000 и 2001-2010 гг. с увеличением их числа в январе и феврале и уменьшения в ноябре 2001-2010 гг. В ряде областей произошли изменения в территориальном распространении этих отложений - у одних их количество уменьшилось, а у других - выросло, также изменился их состав.

Ключевые слова: метеорологические станции, отложения гололеда опасного (ОЯ) и стихийного (СГЯ) характера

Features spatiotemporal distribution of sediments and ice category RP (risk) and ovarian of extreme weather events (spontaneous) meteorological stations of Ukraine for 1991-2000 and 2001-2010 years.

Pyasetska S.I.

In the present study, the analysis of spatial and temporal distribution of ice deposits category RP (risk) and ovarian of extreme weather events (spontaneous) on individual weather stations Ukraine for 1991-2000 and 2001-2010 for each of the months of the cold period of the year to determine the most vulnerable regions. Analysis of the distribution of ice deposits on certain categories AE stations Ukraine has shown that in the number of areas over the past 10 years (2001-2010) Increased the number of stations that ice deposits observed extreme weather events (spontaneous). Established redistribution of the incidence of OHSS category ice deposits in some months during the cold season of 1991-2000. and 2001-2010 with their increase in January and February. and their reduction in November in the 2001-2010 biennium. In some areas there have been changes in the territorial distribution of these deposits - in some of their number decreased, and the other - has increased, also changed their composition.

Keywords: meteorological stations, deposits category RP (risk) and ovarian of extreme weather events (spontaneous) character.

Надійшла до редколегії 05.11.2014

ПАМ'ЯТІ СОКОЛОВА ВІКТОРА ВОЛОДИМИРОВИЧА



25 вересня 2014 р. пішов з життя член Національної спілки краєзнавців України, колишній працівник Центральної геофізичної обсерваторії, учасник ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС Соколов Віктор Володимирович.

Народився В.В. Соколов 25 листопада 1946 р. у м. Давлеканове (нині – Республіка Башкортостан, Російська Федерація) у сім'ї військовослужбовця. Дитинство провів у Красноярському краї.

Юнацькі роки і молодість минули у м. Києві, куди разом з батьками він переїхав у 1955 р. У 1965 р. закінчив середню школу №173 м. Києва.

Любов до природи, до подорожей і романтики покликали Віктора після проходження строкової служби у військах зв'язку на навчання до Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка, географічний факультет якого він закінчив у 1975 р. за спеціальністю картографія і отримав кваліфікацію географ-картограф. Згодом він продовжив своє навчання на аерофотогеодезичному факультеті Московського інституту інженерів геодезії, аерофотознімання та картографії, який успішно закінчив у 1979 р. і отримав кваліфікацію інженера аерофотогеодезиста.

Широкий спектр знань і професійних вмінь дозволив Віктору Володимировичу працювати і на польових розвідках Державного науково-дослідного та проектувального інституту нафтової промисловості, і як бортоператору на літаках і гвинтокрилах підніматися у повітря з вишукувальними цілями і завданнями.

У системі гідрометеорологічної служби Соколов В.В. працював з 1977 по 1986 рр. Спочатку в Українській гідрометеорологічній обсерваторії (нині – Центральна геофізична обсерваторія) - старшим інженером, а згодом в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті - начальником експедиційного загону.

У 1986 р. Віктор Володимирович переходить на роботу до лабораторії з розробки методів дистанційного обстеження сільгоспугідь Української філії Всесоюзного науково-дослідного центру «АІКС-агроресурси».

Коли у 1986 р. відбулася аварія на Чорнобильській АЕС, Віктор Володимирович у травні-червні брав участь у обстеженні сільгоспугідь 30-ти кілометрової зони і власним здоров'ям заслужив звання учасника ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи 2 категорії.

У 1991-1992 рр. працював науковим консультантом з картографії у науково-дослідному центрі «Інтермікро», з 1994 по 1997 р. – завідувачем лабораторії приватного підприємства «Дарія», безпосередньо брав участь і був відповідальним виконавцем науково-дослідних робіт за програмою

Національного космічного агентства України.

Отримавши пенсію у 1996 р., як учасник ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, Соколов В.В. продовжив трудову діяльність у науковій сфері. У 2002 р. Віктор Володимирович переходить на роботу до Центру аерокосмічних досліджень Інституту геологічних наук НАН України на посаду головного спеціаліста відділу енергомасообміну в геосистемах.

Останні дев'ять років активного і плідного трудового життя Віктора Володимировича пов'язано з Центральною геофізичною обсерваторією. В цей час ним виконано цілу низку архівних досліджень.

Надзвичайна наполегливість, старанність і ретельність при вивченні архівних документів у державних архівах дозволили уточнити перебіг багатьох подій в історії гідрометеорологічної служби України, встановити історичну правду про життя і діяльність низки українських вчених-гідрометеорологів, керівників національної гідрометеорологічної служби. Особливу увагу привертають його дослідження діяльності академіка Срезневського Б.І. – багаторічного директора Київської геофізичної обсерваторії, попередниці ЦГО, та академіка Опокова Є.В., видатного українського гідролога, знищеного комуністичним режимом під час репресій 30-х років ХХ ст.

В останні роки у В.В. Соколова склалися добрі творчі стосунки з колегами з кафедри гідрології та гідроекології і кафедри метеорології та кліматології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Науковий доробок В.В. Соколова налічує понад 60 наукових праць та публікацій.

Віктор Володимирович залишиться у нашій пам'яті вдумливим дослідником, ерудованим фахівцем, енергійною людиною, яка розуміла красу природи і щиро любила Україну, що стала його справжньою батьківщиною.

Колеги, співробітники, друзі

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. Постановою Президії ВАК України № 1-01/10 від 13 грудня 2000 р. він включений до переліку фахових періодичних наукових видань за спеціальностями “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 рубежом, 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 7.1:2006 «Система стандартів з інформації...»). 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 резюме, таблицями, рисунками (рисунки чорно-білі) та списком літератури) необхідно надсилати на адресу редколегії на **електронному носії** (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).

До тексту статті додаються **3 анотації** – українською, російською і англійською мовами за схемою: 1) назва статті, прізвище та ініціали автора; 2) короткий текст анотації; 3) ключові слова (до 5 слів, розділених крапкою з комою).

Крім того, 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.

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)

Через інтервал – **Ключові слова:** не більше 5 слів (кегель 11, нахилений)

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

Після тексту через інтервал підзаголовок **"Список літератури"** (кегель 10, напівжирний), а потім власне список за його наявності (також кегель 10). Список літератури має бути оформлений згідно вимог ДСТУ ГОСТ 7.1-2006 та вимог ВАК України («Бюлетень ВАК України, № 3 від 2008).

Після "Списку літератури" через інтервал – анотації українською, російською і англійською мовами: назва статті, прізвище та ініціали автора, короткий текст анотації, ключові слова (усі – кегель 10).

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Науковий збірник

2014 рік

Том 4 (35)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – С. Москаленко

Підписано до друку 16.12.2014
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 300 прим. Зам. № 52-014.



Видавництво географічної літератури “Обрії”

Свідоцтво Держкомінформ України

ДК № 23 від 30.03.2000 р.

Київ, вул. Старокиївська, 10

Тел.: (096) 882-30-30

e-mail: vgl_obrii@ukr.net

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.4(35)