

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
Том 3 (38)

Київ
2015

УДК 551.49

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2015. – Т. 3 (38). – 115 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

The scientific collection / The editor-in-chief V.K. Khilchevskiy. – 2015. – Vol. 3(38). – 115 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
(12 жовтня 2015 р., протокол № 3)*

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, 2015

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

Чорноморець Ю. О. Кількісна оцінка основних джерел живлення р. Дністер – м. Заліщики.....	6
Дубняк С.С. Еколого-гідроморфологічний підхід до обґрунтування берегозахисту на дніпровських водосховищах.....	16

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Шакірманова Ж.Р. , Казакова А.О. Територіальне довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р.Південний Буг	25
Prohaska Stevan Assessment of the return period of the rainfall intensity that caused the may 2014 flood in Serbia	33
Гребінь В.В., Бойко В.М., Адаменко Т.І. Гідрологічна посуха 2015 року в Україні: чинники формування, перебіг та можливі наслідки.....	44

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Осипенко В.П., Евтух Т. В. Гидрохимические исследования реки Лыбеди – правого притока Днепра.....	55
Шерстюк Н.П., Байбуз О.Г. Результати гідрохімічного районування Інгульця методами кластерного аналізу	60
Монюшко М.М. Оцінка якості вод за гідрохімічними показниками в акваторії північно-західного шельфу Чорного моря	69
Курило С.М., Курило О. Г. Оцінка впливу підземного стоку на гідрохімічний режим річкових вод України	77

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Шерстюк Н.П. Вплив гірничо-видобувної промисловості Криворіжжя на міграційні властивості мікроелементів у воді річок Інгулець та Саксагань	83
--	----

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Пясецька С.І. Характеристика відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні) на території України у першому десятиріччі ХХІ сторіччя (діаметри та маси відкладень).....	92
Затула В.І., Затула Н.І. Регіональні особливості показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні.....	100

НАУКОВІ ПОВІДОМЛЕННЯ

Анахов П. В., Анахов С. П. Водний баланс водосховищ змінної місткості.....	109
Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”	113

C O N T E N T S

THE GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Chornomorets Yu. J. O.

Quantitative estimate of alimentary river for river Dniester outlet Zaleschiki	6
--	---

Dubnyak S.S.

Ecohydromorphological approach to the justification of coast-protection on the Dnipro reservoirs.....	16
---	----

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Shakirzanova Zh.R. , Kazakova A.O.

Territorial long-term forecasting characteristics maximum runoff spring flood in the basin of the Southern Bug	25
--	----

Prohaska Stevan

Assessment of the return period of the rainfall intensity that caused the may 2014 flood in Serbia	33
--	----

Grebin' V., Bojko V., Adamenko T.

Hydrological drought in 2015 in Ukraine: reasons of the formation, course and possible consequences	44
---	----

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Osypenko V. P., Evtukh T.V.

Hydrochemical investigations of the Lybed River – right tributary of Dnieper	55
--	----

Sherstyuk N.P., Baybuz O.G.

Results of hydrochemical zoning Inhulets cluster analysis methods	60
---	----

Moniushko M.

Assessment of water quality according to hydrochemical indicators in the waters of the northwestern shelf of the Black sea.....	69
---	----

Kurilo S., Kurilo O.

Influence of base flow on the hydrochemical regime of river waters of Ukraine	77
---	----

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

Sherstyuk N.P.

The impact of mining industry Kryvorizhzhya migratory properties of microelements in the water of the rivers Inhulets and Saksagan	83
--	----

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

Pyasetska S.I.

Characteristics ice deposits category AEs (dangerous) and OHSS (natural) in Ukraine in the first decade of the XXI century (diameter and weight sediment))	92
--	----

Zatula V.I., Zatula N.I.

The regional features of unevenness indicator of atmospheric precipitation fall in Ukraine.....	100
---	-----

SCIENTIFIC REPORTS

Anakhov P. V., Anakhov S. P.

Water balance of reservoirs of variable capacity	109
--	-----

The presenting and official registration of the articles for the scientific Periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology».....	113
---	-----

УДК 556.16.047

Чорноморець Ю.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ Р. ДНІСТЕР – М. ЗАЛІЩИКИ

Ключові слова: *Дністер, гідрограф стоку, гідрологічний рік, снігове, дощове, підземне живлення*

Актуальність дослідження. Гідрологічний режим річки Дністер значно відрізняється від решти річок України, оскільки він визначається більш неоднорідним розподілом опадів протягом року в межах басейну та специфікою підстильної поверхні.

Басейн Дністра, відповідно до його орографічних рис і кліматичних особливостей формування стоку води поділяється на три частини: Карпатську, Волино-Подільську і нижню, або південну [9]. Карпатська, гірська частина басейну, являє собою верхню правобережну ділянку водозбору до впадіння р. Бистриці з добре розвиненою гідрографічною мережею і є головною областю формування стоку р. Дністер. Гірський характер правобережних приток сприяє різкому перебігу паводків. Разом з цим річки подільської частини басейну характеризуються меншим загальним падінням, але одночасно істотною глибиною ерозійного врізання в нижній частині басейнів, вищими значеннями зарегулювання стоку, також в басейнах декількох річок, таких як Золота Липа, Серет та Смотрич широко розповсюджені карстові карбонатні і сульфатні породи, що діючи в комплексі сприяє перерозподілу стоку протягом року.

Досить строкатий характер розподілу стоку води Дністра в середині року визначає доцільність детального вивчення особливостей його формування, оскільки різні за походженням максимальні витрати води потребують застосування зовсім різних методичних підходів щодо їх довгострокового прогнозування та оцінювання розмірів припливу води до Дністровського водосховища. При цьому, відповідно до видання «Багаторічні дані про режим.....» на р. Дністер – м. Заліщики виділяється весняне водопілля подібно до решти рівнинних річок України. Тому досить актуальним є питання уточнення такого методичного підходу з огляду на специфіку формування його водного режиму.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідження водного режиму Дністра відбувається переважно за наступними напрямками. Найбільше робіт присвячено вивченню максимального стоку. Однією з перших ґрунтовних праць такого напрямку можна назвати книгу П.Ф. Вишневського [1], де визначено основні характеристики злив та їх розподіл по території Карпат. Розробленням прогностичних моделей процесів формування паводків займалися вчені Українського гідрометеорологічного інституту під керівництвом М.М. Сусідка [10]. Теоретична модель формування максимального стоку річок розроблена Е.Д. Гопченком на базі Одеського Державного екологічного університету [4].

Ряд робіт І.П. Ковальчука присвячено картографічному моделюванню особливостей виникнення і проходження паводків у долині Дністра, зон затоплення і місць потенційного розмивання гребель. Проблемам оперативного попередження паводків присвячено роботи спеціалістів Гідрометцентру України під керівництвом Бойко В.М.

Відносно річного стоку води, варто відмітити, що прояви циклічності в сезонному і річному стоці Дністра розглянуті в роботах М.М. Сусідка та О.І. Лук'янець [11], водний баланс регіону обчислено в роботі Кирилюка М.І. [7]; вплив змін клімату на стік Дністра досліджувався у працях Гребеня В.В. [5] та у звіті [Проект инициативы ENVSEC Снижение уязвимости к экстремальным наводнениям и изменению климата в бассейне реки Днестр («Днестр-III: наводнения и климат»)], спільно розробленому фахівцями УкрГМІ та Державної Гідрометслужби Молдови.

Вихідні передумови. Завданням даної роботи є визначення головних джерел формування річного стоку води р. Дністер – м. Заліщики. Для вирішення поставленого завдання в роботі використано традиційний гідрологічний підхід, котрий полягає у розчленуванні гідрографів стоку з подальшим виділенням часток дощового, снігового та підземного живлення річки. Як відомо, гідрографом називається графік змін в часі витрат води за рік або його частину [2], які обумовлені складним комплексом геофізичних процесів, що відбуваються у межах даного річкового водозбору. Головними серед таких процесів являються хід атмосферних опадів та сніготанення, поглинання і віддавання вологи ґрунтами, а також безпосередньо стікання води по поверхні басейну та в межах зони активного водообміну. Відповідно, чим більшими є розміри річкового басейну, тим меншою мірою на форму гідрографа вливатимуть місцеві фактори. З теоретичної точки зору, форма гідрографів різних років ніколи не може повторюватися повною мірою, а відмічається лише самоподібність коливань водності окремих фаз гідрологічного режиму, коли повторюються виключно окремі структури (меженний, паводковий стік), тоді як форма коливань кожного року являється унікальною.

Для визначення переважаючого джерела живлення необхідно проводити розчленування гідрографу стоку, побудованого за гідрологічний рік. Гідрологічний рік – це період, протягом якого на водозборі завершується замкнений водно-балансовий цикл накопичення і витрачання вологи, тобто величина запасів вологи, що має перейти на наступний рік мінімальна [3]. Відповідно до такого визначення початок гідрологічного року кожного разу різний, однак для території України він приймається переважно за 1 листопада, до цієї ж дати відноситься і початок холодного періоду року, який триває до кінця квітня.

Найпоширенішим прийомом гідрологічного визначення видів живлення є поділ гідрографу на частини, що характеризують поверхневий та підземний стік. Форма гідрографу фактично відображає три основні види стоку води в русло річки, які відрізняються ступенем регулювання поверхневого та підземного живлення. Поверхневий схиловий стік характеризується найменшою природною регульованістю, тому при його надходженні в русло виникає інтенсивне підвищення витрат води, що характеризується на гідрографі ділянками підйому. Підземний стік із основних водоносних горизонтів водозбору формує постійне підземне живлення річки та відповідає нижній похилій ділянці кривої спаду. Практично кожен гідрограф має перехідну ділянку на кривій спаду, яка характеризує проміжний (внутрішньогрунтовий) стік із регульованістю, більшою за поверхневий і меншою за підземний стік. Він може формуватися за рахунок

схилового стоку при його поверхневому затриманні у пониженнях мікрорельєфу і в лісовій підстилці, а також за рахунок ґрунтового стоку і верховодки.

Для кількісного визначення підземного живлення річок існує два основні методологічні напрямки – гідрологічний, засновником якого вважають Є.А.Гейнца (1903 р.) та гідрогеологічний, що виник наприкінці 30-х років минулого століття та вперше був описаний у роботах Б.І.Куделіна [8]. Гідрологічний підхід полягає у визначенні величини підземного живлення за даними про стік річок без кількісного врахування підземних вод, що надходять з водоносних горизонтів, які дренуються даною річкою. Другий напрям – гідрогеологічний – ставить за мету визначення величини підземного притоку в річки для будь-якого моменту часу на підставі побудови гідрографу підземного притоку. Звичайно, визначення підземного живлення в даному випадку є більш надійним та точним. Однак подібні дослідження можливі лише за умови детального вивчення режиму підземного стоку з усіх водоносних горизонтів, що приймають участь у живленні річки. Для цього потрібні спеціальні спостереження на широкій мережі свердловин, подібно до програми спостережень водно-балансових станцій. Тому питання кількісного визначення підземного живлення в даній роботі вирішується гідрологічним способом.

Запропонований В.Г.Глушковым у 1928 році та розвинутий згодом рядом дослідників метод полягав у виділенні підземного стоку шляхом проведення прямої лінії або плавної кривої, що б поєднувала останню зимову витрату та початкову витрату літньої межні. Дещо пізніше В.С.Советов запропонував розділяти підземне живлення на дві складові: глибокі підземні води та верховодку. Виділення глибоких підземних вод здійснюється шляхом побудови горизонтальної прямої, що проводиться на гідрографі через точку найменшої витрати. В подальшому цей метод зрізання підземного стоку без суттєвих змін приймався більшістю дослідників. Враховуючи, що живлення річок здійснюється, головним чином, за рахунок підземних вод зони інтенсивного водообміну (значну частину яких становлять внутрішньогрунтові води, а також ґрунтові води першого водоносного горизонту, пов'язані з денною поверхнею), доцільним є виділення цієї частини підземного живлення річок як верхній внутрішньогрунтовий стік і розподіляти його залежно від походження на снігову або дощову складові. Саме такий поділ здійснено в даній роботі.

Іншу частину підземних вод зони інтенсивного водообміну становлять ґрунтові води, що дренуються річкою разом з частиною напірних вод. Ця частина підземного стоку, що виділяється на гідрографах горизонтальними або близькими до них лініями, складає глибокий (постійний) підземний стік. Він має найбільш важливе значення з точки зору оцінки постійних запасів підземних вод, враховується при складанні карт ізоліній підземного стоку і тому саме за такою методикою визначалася величина підземного стоку в нашому випадку.

Таким чином, за результатами поділу гідрографу стоку можна виділити дві його основні складові – це поверхневий і підземний стік. Поверхневий стік, у свою чергу, залежно від походження поділяється на снігову та дощову частини.

Відповідно до існуючих рекомендацій [2,3] датою переходу річки на снігове живлення вважається дата появи перших льодових утворень в районі даного гідрологічного поста. Тому за кожен гідрологічний рік нами вибрані такі дати і об'єм стоку, сформований після їх настання відноситься до снігового живлення. При цьому мається на увазі, що під впливом відлиг в басейні Дністра формуються зимові паводки з певною часткою рідких опадів. Відповідно до роботи [9] на правобережних притоках Дністра (річки Свіча, Стрий, Лімниця та Бистриця) частка

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

рідких опадів складає 20-30%, а на лівобережних – 10-15% від сумарного об'єму зимового паводкового стоку. Сформовані таким чином паводки відносяться все ж таки до снігового живлення, оскільки басейн Дністра до Заліщиків уже має досить значну площу водозбору і рідкі опади, що випали в окремій його частині, мають неоднорідний розподіл по території і випадають безпосередньо на існуючий сніговий покрив, утворюючи таким чином спільний стік, виділення окремих складових якого практично неможливе. Тому стік води, що утворився в холодний період, переважно належить до снігового живлення.

Дата закінчення снігового живлення відноситься до останнього дня спаду гідрографу стоку весняного сезону на межі теплого і холодного періодів року, переважно – це кінець квітня або початок травня. Дощове живлення визначалося як різниця між сумарним річним стоком з одного боку та сніговим і постійним підземним стоком разом з іншого.

Результати та їх обговорення З метою виявлення закономірностей у формуванні стоку в межах басейну р. Дністра до м. Заліщиків нами опрацьовані результати спостережень з 1947 по 2013 рік. Як зазначалося раніше, гідрографи стоку будувалися за гідрологічний рік з початком 1 листопада. На кожному гідрографі фіксувалася дата появи перших льодових утворень, від якої рахувалася кількість днів до закінчення віддачі води з снігового покриву, дата якого визначалася через останню витрату спаду водопілля на межі теплого і холодного періодів (кінець квітня-початок травня). Отримана кількість днів переводилася у відповідний їй об'єм стоку, від якого віднімався об'єм постійного підземного стоку для отримання величини снігового живлення. Обчислені таким чином об'єми стоку переведено у відсотки від загального річного його значення для того, щоб отримати безрозмірні величини, за допомогою яких можна коректно співставляти різні за водністю роки.

Для систематизації відомостей про особливості гідрологічного режиму Дністра розроблено типізацію його гідрографів за основними видами живлення.

Тип гідрографу визначено залежно від переважаючого джерела живлення. Відповідно виділено три основні типи: I - роки з переважанням дощового живлення; II - роки з переважанням снігового живлення; III - роки зі змішаним живленням. Тип I характеризується переважанням дощового живлення понад 47% від загального річного об'єму стоку за гідрологічний рік, до типу II відносяться роки з переважанням снігового живлення переважно понад 45%, до III типу відносяться як роки з домінуванням двох (1962, 1964, 1957, 1967, 1996 рр.) видів живлення, або з рівномірним його розподілом між всіма трьома складовими (1983, 1986, 1990, 2003, 2006, 2007, 2012 рр.). Як бачимо остання тенденція стає найбільш характерною для сучасного періоду.

Підтип гідрографу стоку визначено залежно від загального об'єму стоку води за гідрологічний рік в км³ наступним чином: підтип А – менше 6 км³, підтип В – від 6 до 9 км³, підтип С – понад 9 км³. Винятком стали два роки, для II типу це 1999 рік та для III типу це 1981 рік, об'єми стоку яких близькі до 9,5 км³, при цьому вони віднесені до підтипу В, оскільки являються єдиними випадками в межах відповідних типів переважаючого джерела живлення. Результати типізації наведено у табл. 1.

В загальному випадку можна відмітити, що за результатами наших розрахунків у 43% випадків на р. Дністер біля м. Залішки спостерігалися роки з переважанням дощового живлення, у 19% - снігового та у 38% - змішаного.

Для наочного представлення отриманих результатів на рис. 1-7 наведено гідрографи стоку води р. Дністер – м. Залішки відповідно до кожного з виділених у

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

табл.1 підтипів. Масштаб вісі ОУ збережено спільним для всіх рисунків (рис. 1-7), що дозволяє додатково візуально оцінити переважаюче джерело живлення того чи іншого гідрологічного року.

Таблиця 1. Типізація гідрографів р. Дністер – м. Заліщики

Тип гідрографу стоку	Підтип гідрографу стоку	Кількість років	Роки*
I	A	4	1960, 1961, 1984, 1987
	B	15	1965, 1968, 1973, 1974, 1978, 1985, 1988, 1989, 1991, 1993, 1997, 2001, 2002, 2004, 2005
	C	9	1948, 1955, 1969, 1970, 1975, 1980, 1998, 2008, 2010
II	A	5	1950, 1952, 1954, 1956, 1963
	B	7	1958, 1966, 1979, 1999, 2000, 2009, 2013
III	A	12	1949, 1951, 1957, 1958, 1964, 1971, 1972, 1986, 1990, 1992, 2003, 2012
	B	14	1953, 1962, 1967, 1976, 1977, 1981, 1982, 1983, 1994, 1995, 1996, 2006, 2007, 2011

* розрахунки проведені за гідрологічний рік, що містить 10 місяців зазначеного в таблиці календарного року та два місяці (листопад, грудень) попереднього.

Для характеристики відповідних підтипів основних джерел живлення р. Дністер – м. Заліщики у подальшому аналізі внесок джерела живлення буде наведено у частках від одиниці, оскільки для оцінки підтипів живлення досить важливою є величина забезпеченості емпіричної кривої розподілу сумарного об'єму стоку води за гідрологічний рік, обчислена за формулою Крицького – Менкеля, що також подається у %.

Гідрографи стоку I типу, підтипу A (рис. 1) характеризуються переважанням дощового живлення у розмірі 0,51-0,59 від загального річного його об'єму та забезпеченістю сумарного річного стоку в інтервалі 80-95 %, що відповідає об'єму 4-5,5 км³. Відповідно сюди віднесено досить маловодні роки, протягом яких все ж проходили декілька паводків теплого (1960, 1984, 1987) і холодного (1961) періодів.

Гідрографи стоку I типу, підтипу B характеризуються переважанням дощового стоку у розмірі 0,47-0,72 від загального річного його об'єму та забезпеченістю сумарного річного стоку в інтервалі 20-60 %, що відповідає об'єму 6,3-8,7 км³. Тобто амплітуда зміни водності в даному випадку значно ширша, ніж у попередньому. Для Дністра гідрографи даного підтипу є найбільш характерними, оскільки до нього відноситься найбільша кількість років спостережень (табл. 1), протягом яких кількості, об'єми та максимальні витрати води паводків теплого періоду значно перевищували відповідні характеристики паводків холодного періоду (рис. 2).

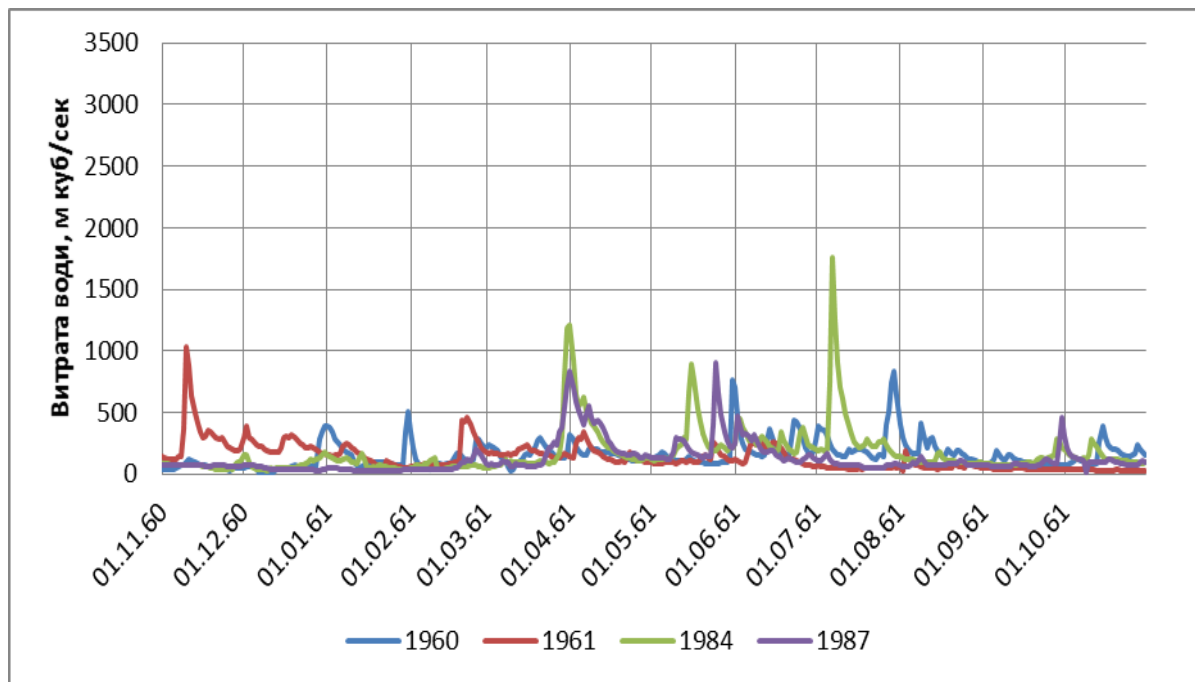


Рис. 1. Гідрографи стоку води р. Дністер – м. Заліщики I типу підтипу А

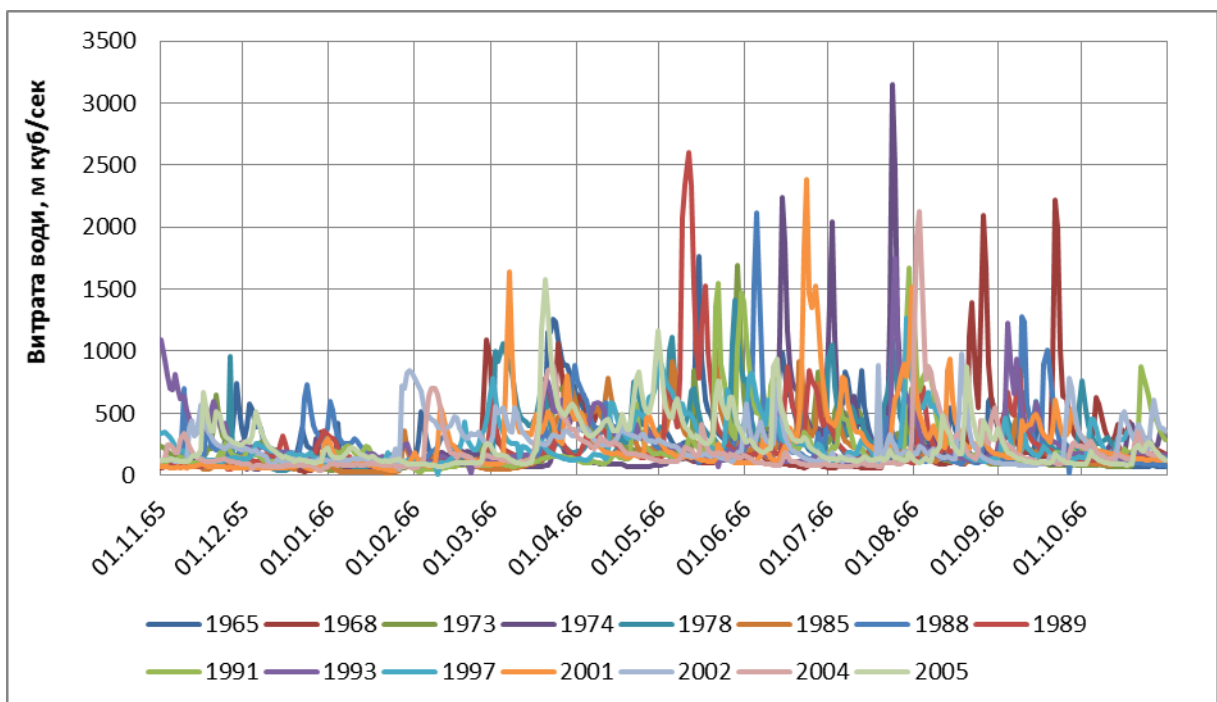


Рис. 2. Гідрографи стоку води р. Дністер – м. Заліщики I типу підтипу В

Гідрографи стоку I типу, підтипу С (рис.3) характеризуються переважанням дощового стоку у розмірі 0,48-0,67 від загального річного його об'єму та забезпеченістю сумарного річного стоку в інтервалі 1,5-16 %%, що відповідає об'єму 9,2-12,5 км³. Тобто до даного підтипу відносяться всі найбільш багатоводні роки на р. Дністер – м. Заліщики в інтервалі забезпеченості емпіричної кривої розподілу сумарного річного стоку води понад 10%. Таким чином лише для дощового живлення (тип I) окремо можна виділити групу років з водністю понад 9 км³(підтип С).

Гідрографи стоку II типу, підтипу А (рис.4) характеризуються переважанням снігового стоку у розмірі 0,4-0,58 від загального річного його об'єму та забезпеченістю сумарного річного стоку в інтервалі 80-98 %% , що відповідає об'єму 3,5-5,5 км³.

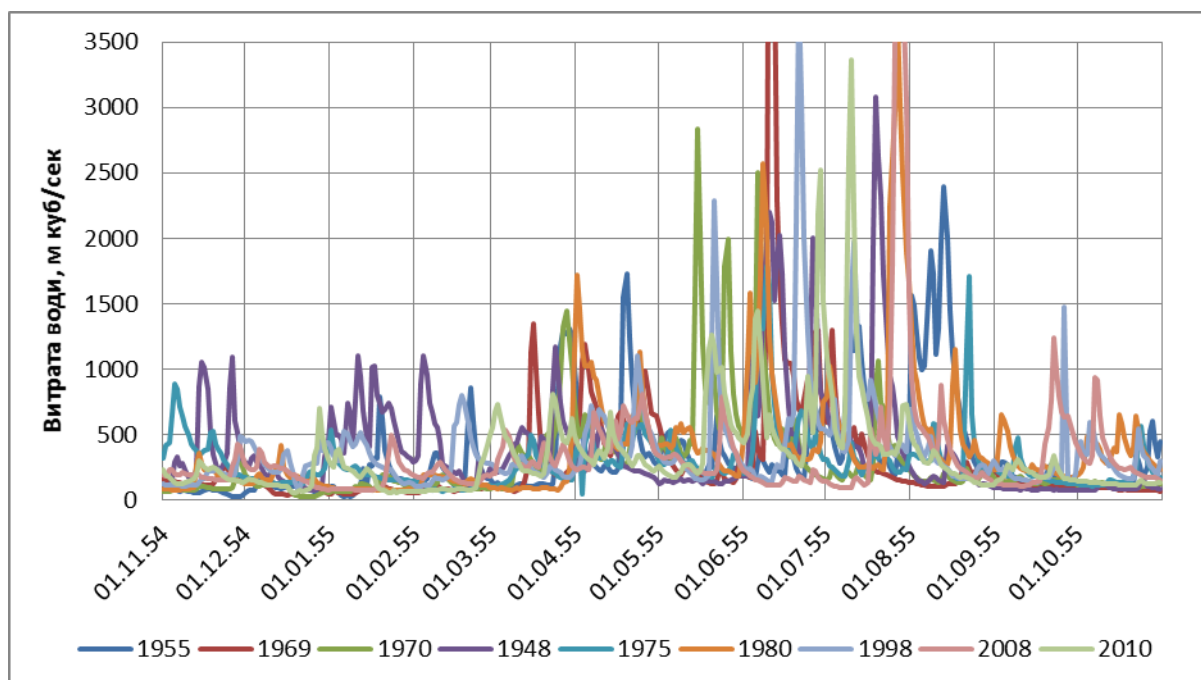


Рис. 3. Гідрографи стоку води р. Дністер – м. Заліщики I типу підтипу С

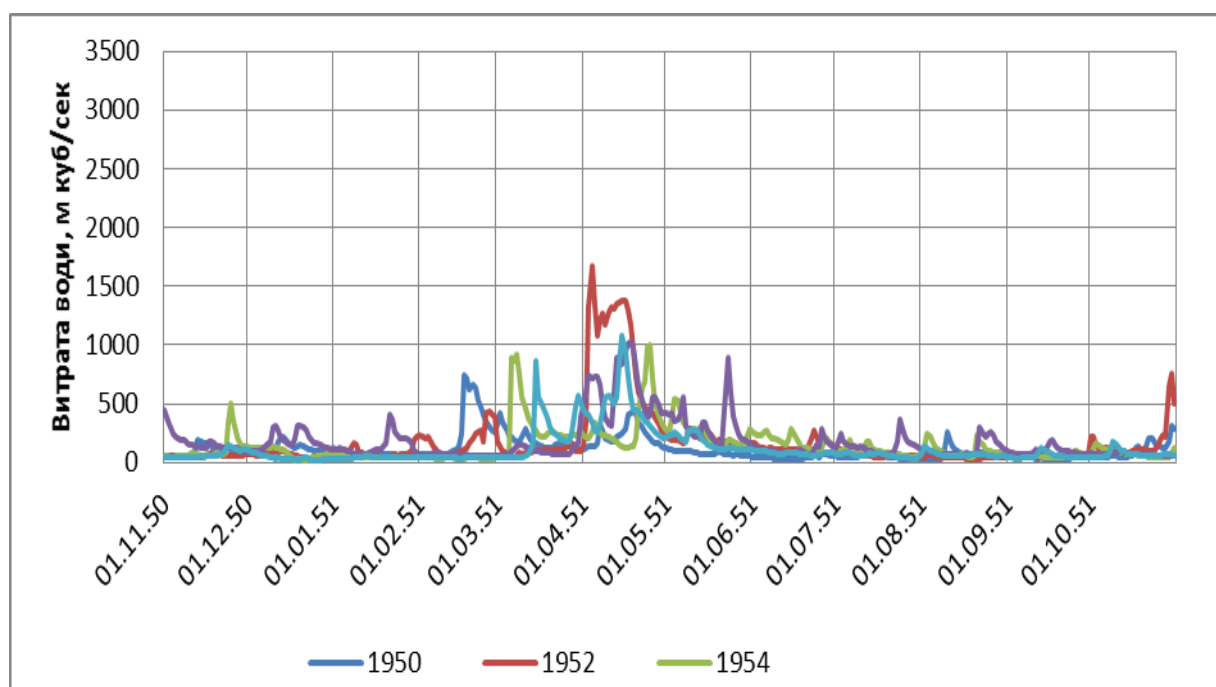


Рис. 4. Гідрографи стоку води р. Дністер – м. Заліщики II типу підтипу А

Відповідно сюди (рис.4) віднесено найбільш маловодні роки за весь період спостережень, протягом яких все ж проходили декілька незначних паводків, а стік весняного сезону у кожному окремому випадку характеризувався принаймні

двома максимумами, відповідно до яких проходив стік лівобережних та правобережних приток Дністра. Гідрографи стоку II типу, підтипу В (рис.5) характеризуються переважанням снігового живлення у розмірі 0,4-0,58 від загального річного його об'єму та забезпеченістю сумарного річного стоку в інтервалі 13-52 %%, що відповідає об'єму 6,6-9,5 км³. Як і в попередньому випадку всі гідрографи весняного сезону характеризуються мінімум двома піками.

Ватро відмітити, що в жодному випадку для гідрографів другого типу обох підтипів не зафіксовано гідрографу водопілля класичної одновіршинної форми. До такого гідрографу можна було б умовно віднести 1966 рік, однак і для нього абсолютний максимум відноситься до теплого періоду.

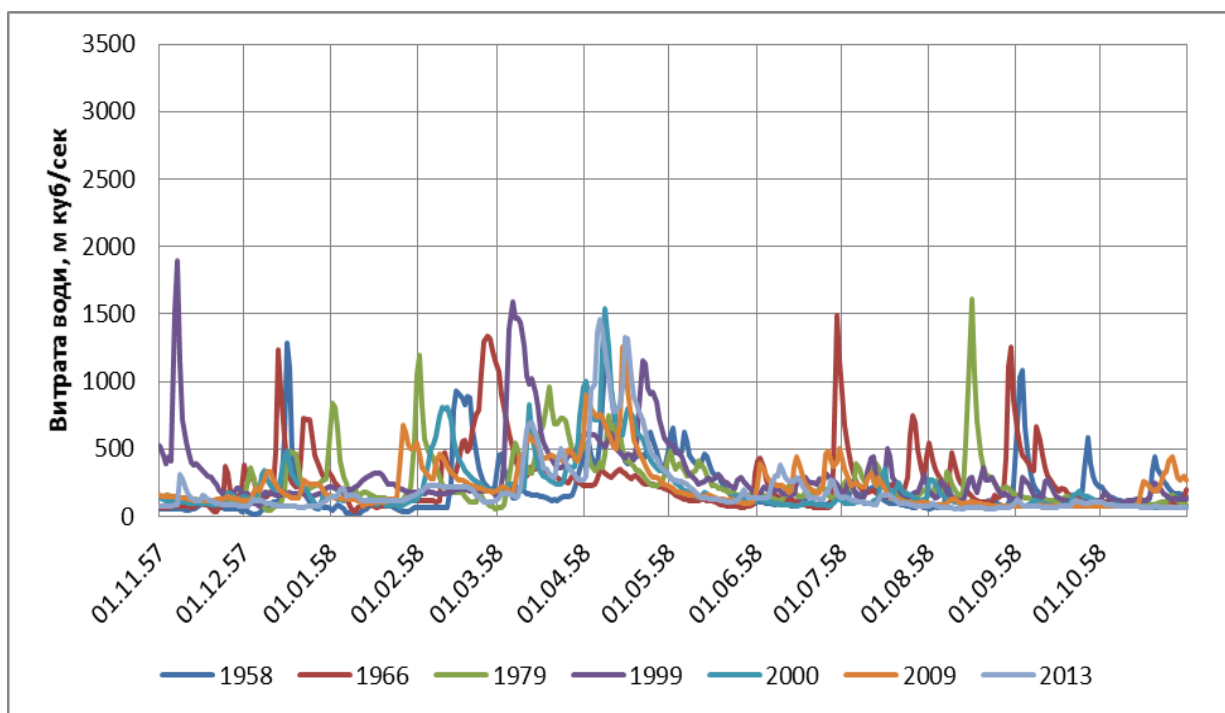


Рис. 5 Гідрографи стоку води р. Дністер – м. Заліщики II типу підтипу В

Гідрографи стоку III типу, підтипу А (рис.6) характеризуються змішаним живленням та забезпеченістю сумарного річного стоку в інтервалі 70-92 %%, що відповідає об'єму 4,3-5,8 км³. В цілому це роки досить низької водності, які однак характеризуються значною кількістю паводків як теплого, так і холодного періодів.

Для даного підтипу можна виділити три роки (1951, 1957, 1964), коли внесок дощового і снігового живлення перевищував 0,4 кожного, а підземне живлення було не більше 0,1. Для решти років характерний майже пропорційний розподіл видів живлення в межах 0,33-0,35.

Гідрографи стоку III типу, підтипу В (рис.7) характеризуються змішаним живленням та забезпеченістю сумарного річного стоку в інтервалі 10-60 %%, що відповідає об'єму 6,4-9,7 км³. В цілому даний підтип являється досить характерним для Дністра в районі м. Заліщики, оскільки охоплює 14 років спостережень.

Подібно до попереднього випадку, в межах даного підтипу можна виділити три роки (1962, 1967, 1967), коли внесок дощового і снігового значно живлення переважали, а підземне живлення було незначним. Для решти років характерний майже пропорційний розподіл видів живлення в межах.

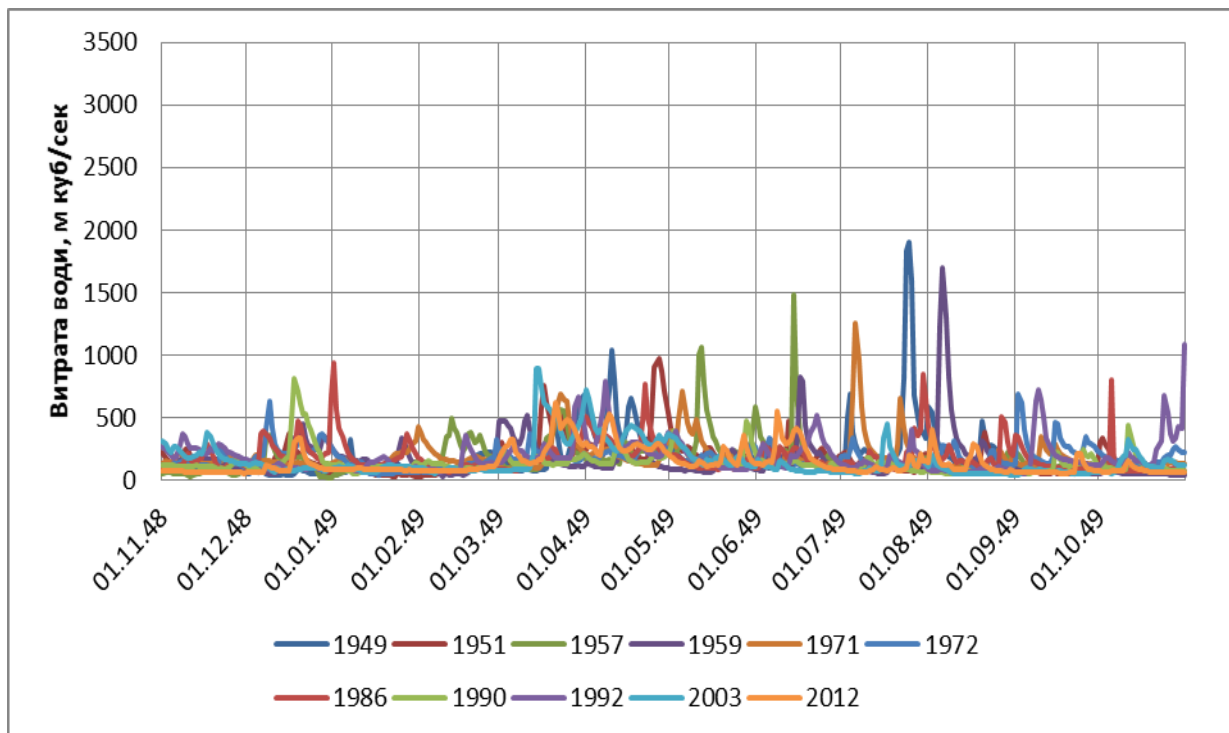


Рис. 6. Гідрографи стоку води р. Дністер – м. Заліщики III типу підтипу А

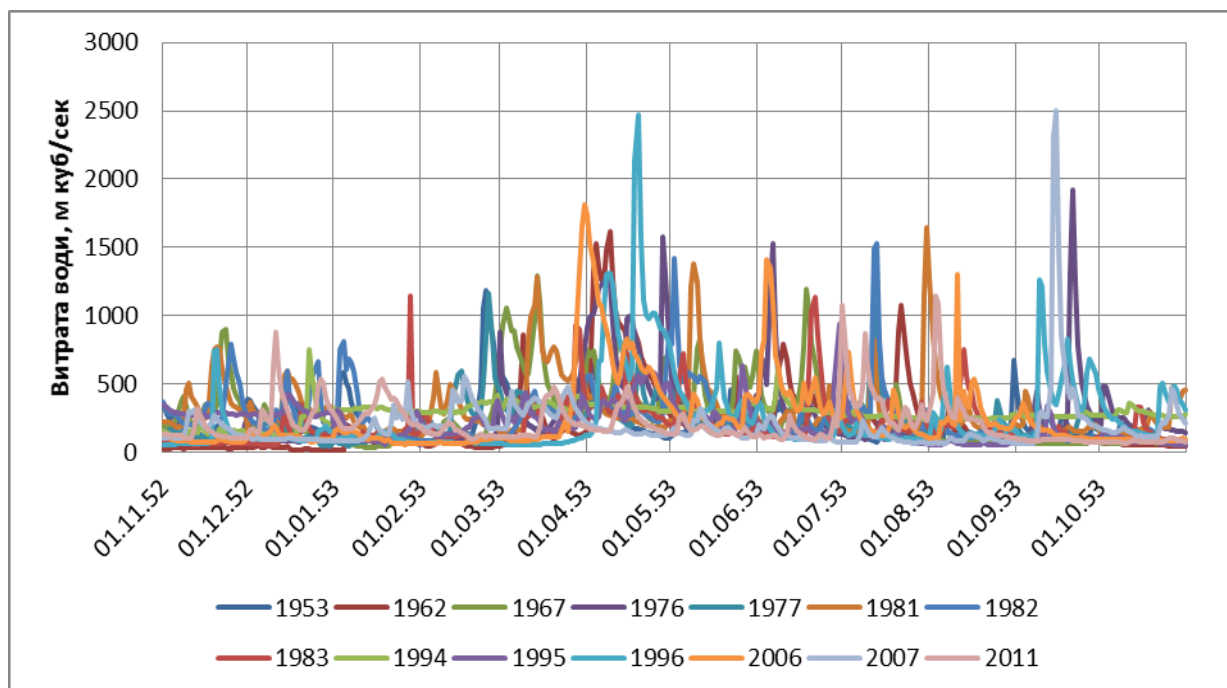


Рис. 7 Гідрографи стоку води р. Дністер – м. Заліщики III типу підтипу В

Висновки. Таким чином, за період спостережень за стоком води р. Дністер – м. Заліщики з 1947 до 2013 рр. жодного разу не зафіксоване проходження класичного одновіршинного весняного водопілля. Всі найбільш багатоводні роки в інтервалі забезпеченості емпіричної кривої розподілу сумарного річного стоку води понад 10% характеризуються переважанням дощового живлення (тип I підтип С).

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

Серед видів живлення за багаторічний період досить чітко переважає дощове живлення, частка якого становить 45%, снігового – 35% та підземного 20%.

Згідно тлумачень, наведених в ДСТУ 3517-97 "Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять" [5], повинь або водопілля є фазою водного режиму річки в період весняного сніготанення, що характеризується високою водністю. На відміну від визначення, наведеного в «Гідрологічному словнику» [2], де відзначається, що водопілля – це фаза водного режиму річки, що характеризується найбільшою водністю в році, високим і тривалим підняттям рівнів, що зазвичай супроводжується виходом води із русла на заплаву. Викликається головним джерелом живлення річки ... для річок однієї кліматичної зони щорічно повторюється в один і той же сезон з різною інтенсивністю і тривалістю.

Відповідно до визначення ДСТУ 3517-97 водопілля на р Дністер – м. Заліщики дійсно проходить навесні, однак використовуючи більш детальне визначення О. І. Чеботарьова та за результатами наведених в даній роботі розрахунків можна припустити, що водопілля тут проходить саме у літній сезон і характеризується найвищими у внутрішньорічному розподілі стоку максимальними витратами та об'ємами стоку води.

Список літератури

1. Вишневецький П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні. – К.: Наук. думка, 1964. – 230 с.
2. Гидрологический словарь. Чеботарев А.И. – Л. Гидрометеиздат. – 1964. – 222 с.
3. Гидрологические и водно-балансовые расчеты / Под ред. Н.Г. Галущенко. – К.: Вища школа, 1987. – 248 с.
4. Гопченко Е. Д. Развитие представительства Одесской научной школы теоретической и прикладной гидрологии учения о максимальном стоке рек / Е. Д. Гопченко // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. - 2008. - Вип. 50, ч. 2. - С. 4-13.
5. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз)/ В.В.Гребінь.-К.: Ніка-Центр, 2010.-316 с.
6. ДСТУ 3517-97. Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять. Видання офіційне – Київ, Держстандарт України, 1997. – С.5.
7. Кирилюк М.І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат. – Чернівці: Рута, 2001. – 246 с.
8. Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод: Изд.МГУ. 1960. – 343 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. – 1974. – Т. 6. – Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат. – 884 с.
10. Соседко М., Димитров Д., Кочелаба Е., Янков В. Применение математических моделей в задачах расчета и прогноза дождевого стока (методическое руководство). – София-Київ. – 1990. – 118 с.
11. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Можливості оцінювання річкового стоку в Карпатах на найближчі роки з урахуванням його багаторічних коливань // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 1998. – Вип. 246. – С. 46-55.

Кількісна оцінка основних джерел живлення р. Дністер – м. Заліщики

Чорноморець Ю. О.

В роботі проаналізовано умови формування стоку води р. Дністер –м. Заліщики та обчислено внесок окремих видів живлення. За результатами розрахунків визначено, що для вказаної ділянки Дністра найбільш характерним є дощове живлення.

Ключові слова: Дністер, гідрограф стоку, гідрологічний рік, снігове, дощове, підземне живлення

Количественная оценка основных источников питания р. Днестр – г. Залещики

Чорноморець Ю. А.

В работе проанализированы условия формирования стока воды р. Днестр – г.Залещики и рассчитано вклад отдельных видов питания. По результатам расчетов определено, что для данного участка Днестра наиболее характерным является снеговое питание.

Ключевые слова: Днестр, гидрограф стока, гидрологический год, снеговое, дождевое, подземное питание.

Quantitative estimate of alimentionation river for river Dniester outlet Zaleschiki
Chornomorets Yu. J. O.

This paper analyzes the conditions of river runoff formation for river Dniester outlet Zaleschiki. In addition, the kind of alimentionation river and its share were calculated. Take into account our calculations identified that the alimentionation river snow is the dominant for river Dniester (for the portion to the city Zaleschiki).

Keywords: river Dniester runoff hydrograph, hydrological year, alimentionation river of snow, rain and underground.

Надійшла до редколегії 14.09.2015

УДК 504: 658.562

Дубняк С.С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**ЕКОЛОГО-ГІДРОМОРФОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ОБГРУНТУВАННЯ
БЕРЕГОЗАХИСТУ НА ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩАХ**

Ключові слова: водосховище; водна екосистема; берегова зона; берегозахисні заходи; техногенна берегова екосистема.

Постановка проблеми. Протяжність берегів дніпровських водосховищ становить понад 3 тис.км, близько третини з них – це береги, які руйнуються (табл.1), причому 300 км з них потребують першочергового захисту. Більше третини периметру (1110 км) дніпровських водосховищ займають так звані «нейтральні береги», які утворюються на ділянках мілководь, де берегові схили відсутні, а вітро-хвильові процеси обмежені глибинами води і заростями рослинності.

Таблиця 1. Характеристика берегової лінії дніпровських водосховищ

Водосховище	Довжина берегової лінії, км				
	Усього	Абразійні та ерозійні береги	Нейтральні береги	Акумулятивні береги	Техногенні (закріплені) береги
Київське	508,00	194,49	193,96	9,82	109,73
Канівське	391,00	118,57	122,95	13,15	136,34
Кременчуцьке	800,00	206,68	439,57	10,86	142,89
Дніпродзержинське	360,03	79,44	135,66	3,40	141,53
Дніпровське	220,00	97,55	55,46	5,20	61,79
Каховське	800,00	357,76	162,67	76,90	202,67
Усього по каскаду	3079,0	1054,49	1110,27	119,33	794,95

Як видно з табл.1 майже 27% берегів дніпровських водосховищ захищені різними спорудами (близько 800 км). З них 350 км споруд зведені органами водного господарства та знаходяться у них на балансі, причому найпротяжніші берегоукріплення виконані у вигляді кам'яно-накидних банкетів і комбінованих захистів (табл.2). За підрахунками [1] додатково необхідно було закріпити понад 300 км берегів до 2010 р. Такі пропозиції були включені в Національну програму оздоровлення басейну р.Дніпро (1997 г.) і уточнені в Загальнодержавній програмі розвитку водного господарства (2003 г.). У зв'язку з пролонгацією цих програм у 2012 р існує необхідність переглянути їх з екосистемних позицій [2, 3].

Таблиця 2. Довжина берегів дніпровських водосховищ, захищених різними спорудами

Тип захисної споруди	Довжина берегів на водосховищах, км						Всього по каскаду, км
	Київське	Канівське	Кременчуцьке	Дніпро-дзержинське	Дніпровське	Каховське	
Кам'яно-накидний банкет	2,67	1,80	13,33	45,03	19,45	106,74	189,02
Штучний пляж	6,39	2,97	11,79	-	-	5,00	26,15
Бетонні стінки і укоси	1,82	1,67	2,85	10,15	-	1,20	17,69
Буни	-	-	2,00	-	-	-	2,00
Комбінований захист	1,98	14,04	7,54	-	42,22	51,01	116,79

Матеріал і методика досліджень. Протягом останніх десятиліть за участю автора були виконані детальні інструментальні гідроморфологічні дослідження берегів дніпровських водосховищ з метою складання їх кадастру та обґрунтування берего- і водоохоронних заходів [1]. У ході цих робіт виконувалися топографо-геодезичні зйомки надводного і підводного берегових схилів на попередньо обраних за результатами гео- і гідродинамічного районування репрезентативних ділянках і створах за методиками, викладеними в [7, 8]. Були відібрані проби ґрунтів на гранулометричний і фізико-хімічний аналізи на створах спостережень і зроблено візуальний опис динаміки рельєфу і гідродинаміки на кожній ділянці. Виконано розрахунки вітру (діючі румби, довжини розгону хвиль і глибини по кожному з них), параметрів (висота, довжина, період, швидкість) і енергетичних характеристик хвиль, розмаху і обсягів вздовжберегових потоків наносів на кожній з репрезентативних ділянок.

За результатами цих спостережень, вимірювань і розрахунків були виділені динамічні системи берегів там, де вони вже сформувалися, і уточнені межі репрезентативних розрахункових ділянок для оптимізації моніторингу берегів і обґрунтування берегозахисних робіт.

Ділянка моніторингових спостережень за станом берегів повинна повністю включати динамічну систему берега, тобто центральну зону розмиву (живлення наносів) і по одній зоні біля неї – транспорту наносів та їх акумуляції. Кожна з таких ділянок, включаючи водне середовище і водну біоту, яка в ній знаходиться, тобто як просторове тіло, по суті є елементарною береговою екосистемою. Сукупність таких елементарних екосистем становить екосистему берегової зони водосховища в цілому. Їх розміри на дніпровських водосховищах визначаються гідроморфологічними умовами (режимами рівнів, вітрового хвилювання, течій і потоків наносів, гранулометричним складом відкладів, які складають берегові уступи і відмілини, та морфологічними особливостями останніх).

Результати досліджень та їх обговорення

Узагальнення результатів досліджень берегів дніпровських водосховищ. За результатами багаторічних стаціонарних досліджень спостерігається загальне затухання з часом процесів розмиву берегів дніпровських водосховищ, що пов'язано з нестаціонарністю берегового процесу в цілому. Максимальна інтенсивність переробки берегів спостерігалася в перші роки

експлуатації водосховищ, особливо на ділянках приглибих абразійно-обвальних берегів. У середньому протягом перших 6-10 років після наповнення водосховищ (стадія абразійного вирівнювання берегової лінії) інтенсивність переробки становила 10-15 м/рік.

У 80-90-х роках минулого століття було встановлено, що більшість ділянок піщаних берегів дніпровських водосховищ перейшли до стадії абразійно-аккумулятивного вирівнювання берегової лінії. Характерні ознаки цього переходу: добре сформовані берегові відмілини, які гасять весь спектр середньомаксимальних і менших хвиль. У результаті темпи переробки берегів різко зменшилися до 0,5-2,0 м/рік в даний час.

На відмілинах сформувалися один-два ряди підводних берегових валів, а також надводні берегові вали біля підніжжя берегових уступів. У гирлах приток і балок на берегах більш давніх Каховського, Кременчуцького, Дніпровського водосховищ почався процес формування перегороджувальних аккумулятивних утворень – кіс, пересипів, барів. Всі ці ознаки свідчать про зменшення хвильової переробки берегів, при цьому підвищилася берегоформувальна роль вздовжберегових течій і викликаних ними потоків наносів.

Слід зазначити, що описані закономірності стосуються берегів, складених незв'язними ґрунтами, які формуються, в основному, в озероподібній частині водосховища під впливом абразійно-аккумулятивних процесів, викликаних вітро-хвильовими факторами (хвилі, течії). На берегах, складених зв'язними ґрунтами, які формуються під впливом хвиль і течій (розмокання і розмив ґрунтів) при дефіциті пляжеутворювального піщаного матеріалу стадії їх розчленування і вирівнювання чітко не відокремлюються одна від одної, а стадія абразійно-аккумулятивного вирівнювання настає лише тоді, коли в берегову зону починає надходити достатня кількість пляжеутворювального матеріалу. На інших типах берегів (ерозійних, нейтральних, аккумулятивних) таких стадій розвитку не існує взагалі. На ерозійних берегах провідним чинником є діяльність стокових течій, результатом прояву яких виступають плеса і перекати. Оскільки ці береги розташовані переважно на річковій ділянці водосховища [4], де відбувається трансформація попусків ГЕС і спрямляються ділянки русла (за винятком верхнього в каскаді Київського водосховища), вони знаходяться на початковій стадії ерозійного розмиву.

Група нейтральних берегів розташована переважно в мілководній зоні, де стокові течії недостатні для розмиву, а вітро-хвильові процеси обмежені малими глибинами, островами і рослинністю. Відступання берега і утворення берегових уступів тут має спорадичний і тимчасовий характер, викликаний субтеральними і, меншою мірою, субаквальними причинами.

За даними наших спостережень, ширина відмілини на піщаних берегах дніпровських водосховищ становить 50-100 м, максимальні висоти хвиль на зовнішньому краї відмілини – 2,0-2,5 м, швидкості вздовжберегових течій води досягають 1-2 м/с, а потужність вздовжберегових потоків наносів не перевищує 10-15 тис.м³/рік. Протяжність динамічних систем берегів на дніпровських водосховищах пересічно становить 1-3 км і залежить як від гідродинамічних умов, так і від наявності (процентного вмісту) пляжеутворювального матеріалу у складі берегових уступів.

Проведення аналогії з природними динамічними системами берегів інших водних об'єктів показує, що гідроморфологічні параметри цих систем на великих рівнинних водосховищах в 2-3 рази менші таких же показників на берегових

відмілинах (літоралі) причорноморських лиманів та на порядок менше показників динамічних систем берегів Чорного та Азовського морів.

На нашу думку, управління станом берегових екосистем на великих рівнинних водосховищах (насамперед, їх захист) слід вибудовувати з урахуванням існуючих динамічних систем берегів і їх розвитку за аналогією з природними динамічними системами берегів озер, морів та лиманів.

Загальною закономірністю динаміки берегів дніпровських водосховищ за весь період їх експлуатації є зменшення периметру за рахунок абразійного і абразійно-аккумулятивного вирівнювання берегової лінії. За нашими підрахунками це зменшення становить близько 30% (1500 км) від первісного периметру. За період експлуатації водосховищ у 2,0-2,5 рази зменшилася протяжність абразійних та ерозійних берегів за рахунок перетворення їх у нейтральні, стабілізовані (на ділянках виходу в зону розмиву кристалічних порід) і аккумулятивні береги, а також у зв'язку з будівництвом берегоукріплювальних споруд.

Середня інтенсивність переробки берегів за останні 10 років становить від 0,4 м/рік на Дніпровському до 1,3 м/рік на Кременчуцькому водосховищі, тобто темпи переробки зменшилися в 10 разів. Проте в окремі роки переробка берегів досягає значних розмірів: від 3,1 м/рік на Дніпровському до 15,6 м/рік на Каховському водосховищі.

Ширина зони переробки берегів за період експлуатації водосховищ становить в середньому (залежно від типу берега) від 25-45 м на Канівському до 45-105 м на Кременчуцькому водосховищі, а максимальні величини досягають від 52,8 м на Канівському до 306,9 м на Каховському водосховищі. Найбільш активно розмиваються береги, складені зв'язними породами (глинами, суглинками), які навіть на Каховському та Кременчуцькому водосховищах не вийшли зі стадії абразійного вирівнювання.

За період експлуатації водосховищ у зв'язку з розмивом незахищених берегів втрачено близько 6,5 тис.га земель (табл.3), а берегоукріплення дозволили уникнути руйнування прибережних земель на площі 1680 га. Однак понад 55% берегоукріплень виконано технічно недосконалими спорудами (кам'яними банкетами і накидками), які постійно потребують ремонту та реконструкції. Згідно з прогнозами втрати земель від переробки берегів можуть скласти ще близько 2,0 тис.га. За нашими розрахунками загальний обсяг продуктів розмиву берегів дніпровських водосховищ склав близько 350 млн.м³, з яких 200 млн.м³ відклалося в межах прибережних мілин, решта 150 млн.м³ у вигляді суспензій додалися до замулення водосховищ.

Таблиця 3. Площа земель, втрачених внаслідок переробки берегів дніпровських водосховищ

Водосховище	Загублено земель, га	
	Усього	У т.ч. цінні с/г угіддя
Київське	318,14	44,55
Канівське	248,70	3,50
Кременчуцьке	1981,53	84,67
Дніпродзержинське	486,00	28,40
Дніпровське	626,90	25,20
Каховське	2792,33	345,42
Усього по каскаду	6453,60	531,74

Аналіз виконаних берегозахисних робіт. На дніпровських водосховищах використовуються [1] такі традиційні, добре розроблені в науково-технічному плані види берегоукріплень, як штучні пляжі (примиви), підпірні бетонні стінки і укоси, кам'яно-накидні банкети, буни, різні комбіновані та нетрадиційні методи (див. табл. 2). Близько 55% протяжності захистів берегів виконані кам'яно-накидними банкетами та їх модифікаціями. Ці ж банкети часто є основним компонентом комбінованих захистів і найбільш поширені там, де немає піщаних ґрунтів (Каховське водосховище), або ж там, де є виходи кристалічних порід у береговій зоні (Дніпровське і Дніпродзержинське водосховища). На інших водосховищах більше поширені штучні пляжі (примиви), оскільки тут є поклади піску. Буни, бетонні стінки і укоси зустрічаються порівняно рідко, в основному в населених пунктах і на господарських об'єктах. Більшість берегоукріплень руйнується через проектні прорахунки та недоліки будівництва і експлуатації.

Як показує досвід, найбільш екологічно значущими, тобто близькими до природних берегів-аналогів, виявилися штучні пляжі і примиви, які гармонійно вписуються в навколишнє середовище і можуть застосовуватись для рекреаційних цілей [2, 3]. У населених пунктах штучні пляжі в комбінації з бунами, підпірними стінками мають великі перспективи, особливо за умови доповнення цих споруд водоохоронним інженерним і біотехнічним впорядкуванням та забезпечення соціальних функцій.

Слід також зазначити, що піщані пляжі (примиви) очищують шляхом фільтрації через пісок забруднену воду, яка надходить з берегів або з акваторії на пляжні піщані укоси. Фільтраційні властивості піску покращують очистку води в порівнянні з її самоочищенням в 5-10 разів [7, 10], що підтверджує значну санітарно-гігієнічну роль піщаних пляжів.

Кам'яні банкети та накидки обмежують доступ населення і тварин до води, викликають застійні явища і накопичення сміття в приурізівій зоні, тобто набувають негативного соціального й екологічного значення. Вони складні і дорогі в будівництві та експлуатації, тому їх використання на водосховищах вимагає належного обґрунтування та оптимізації, в першу чергу, з точки зору підвищення їх екологічної безпеки та поліпшення соціальних функцій.

Якщо споруда штучного пляжу неможлива у зв'язку з відсутністю піску, на наш погляд, доцільно замість кам'яно-накидних банкетів застосовувати буни, шпори, переривчасте кріплення або іншу споруду, що забезпечує вільний доступ до води. Простір між бунами доцільно заповнювати привізним або намитим піщаним ґрунтом. Для закріплення укосів берега між бунами або блокуючими елементами (при переривчастому кріпленні) добре зарекомендували себе біологічні методи (посадки верби, лози, очерету та ін.). В умовах, коли основним рушійним фактором гідродинаміки берега є течії, буни виступають взагалі як найбільш ефективні, у тому числі і з екологічної точки зору, берегоукріплювальні споруди.

У Науково-виробничому центрі Дніпровського басейнового управління водних ресурсів в 90-х роках минулого сторіччя за участю автора був розроблений і впроваджений на Київському (села Ясногородка, Глібівка), Канівському (село Трубайлівка) та Кременчуцькому (села Боровиця, Тіньки) водосховищах метод поетапного будівництва штучних берегозахисних пляжів [1]. В основу цього методу були покладені гідроморфологічні розрахунки поперечних і вздовжберегових вітрових і градієнтних течій води і відповідних їм потоків наносів у прогнозованому енергетичному полі вітрів і реальній морфології берегових схилів в межах динамічних систем берегів.

Враховуючи вище викладене за участю автора статті була переглянута і уточнена програма заходів по закріпленню берегів дніпровських водосховищ [1; 5]: зменшено до 100 км протяжність рекомендованих до захисту берегів; зроблено суттєвий наголос на захисті навколишнього середовища (лісів, родючих земель, пам'яток природи, історичних та природних заповідників), населених пунктів і господарських об'єктів.

Еколого-гідроморфологічний підхід до обґрунтування берегозахисних споруд. На нашу думку, захисні споруди водосховищ повинні моделювати природні береги в стані динамічної рівноваги [2; 3]. З усього різноманіття берегів водойм аналогами екосистемам берегозахисту водосховищ можуть слугувати: берегові кліфи зі стійких до розмиву порід (аналоги для підпірних стінок, банкетів та інших споруд, які не змінюють свою конфігурацію з часом); природні піщані і галькові пляжі (для штучних пляжів з тих же матеріалів); бухтові і шхерні береги, пересипи, стрілки, бари, перейми і т.п. (для активних споруд, які можуть пристосовуватися до гідроморфологічних особливостей берегової зони і тим самим управляти береговим процесом).

Створення техногенних систем берегозахисту у вигляді берегів-аналогів дозволяє перетворювати нестійкі природні береги в статично або динамічно стійкі із заданими наперед за допомогою аналогії властивостями. Споруди-аналоги забезпечують стан рівноваги в прилеглий до них частині берегової зони, оскільки мінімізують порушення природного розвитку берега і забезпечують управління береговим процесом і розвитком берегової зони. Берегозахисні споруди при цьому не тільки гасять хвилі або течії води, які розмивають берег, а і направляють їх енергію на формування стійких берегів.

Характерна особливість викладеного підходу – це уявлення про системи берегозахисту на водосховищах як про складні, але цілісні техногенні екосистеми у складі екосистеми берегової зони водосховища. Функціонально ці техногенні екосистеми повинні бути максимально наближеними до природних берегових екосистем берегів-аналогів. Запропоноване нами поняття «техногенна берегова екосистема» [2; 3] необхідне для моделювання та оптимізації берегових екосистем, здатних одночасно виконувати функції захисту берегів, водоохоронні та соціальні функції.

Еколого-гідроморфологічне обґрунтування берегозахисних екосистем на рівнинних водосховищах, на нашу думку, має включати ряд послідовних процедур:

1. Для ділянки берега, пропонованої до захисту, спочатку за даними моніторингу складається натурна модель: профілі берегового схилу, план ділянки, геолого-геоморфологічна будова уступу і відмілини, вимірювання або розрахунки хвилювання, вздовжберегових течій і потоків наносів, енергії хвилювання. За цими та іншими даними створюється модель берега на даний момент часу, яка поряд з показниками натурної моделі включає визначення типу берега, стадії його розвитку, місця в динамічній системі берегів.

2. З урахуванням значного терміну експлуатації берега за емпіричними даними складається прогнозна модель його розвитку на стадію, близьку до стану динамічної рівноваги. У залежності від стадії розвитку берега ця модель може бути експоненціального або параболічного типу. Прогнозні профіль і планові обриси на стадії рівноваги і будуть аналогами берега, що захищається. На відмілині такого берега відбувається дисипація хвильової енергії і абразія припиняється. Однак хвильові течії вздовж берега продовжують розмивати відмілини і пляжі, тому ними

потрібно управляти за допомогою поперечних споруд типу бун або виконувати періодичні підсипки матеріалу в області живлення.

3. Розробляється фізична модель берега на ділянці на стадію, близьку до стадії динамічної рівноваги, за допомогою системи гідроморфологічних рівнянь, обґрунтованих Б.А.Пишкіним [9] і його наступниками. Найбільш повно вона викладена в роботах В.Л.Максимчука [6; 7]. Система рівнянь дозволяє розрахувати параметри укосів і потоків наносів, що формуються при максимальному хвилюванні і рівнях води, близьких до НПР.

4. Виконується верифікація розрахункової фізичної моделі на емпіричних даних, узагальнених в натурній та прогнозній моделях даної ділянки, а також на даних спостережень за берегами цього ж або іншого водосховища, що знаходяться на стадіях розвитку, близьких до стану динамічної рівноваги. Зіставлення натурних, прогнозних і фізичних моделей дозволяє максимально врахувати місцеві умови формування берега при остаточному виборі розрахункової (проектної) моделі, за якою потім визначаються місця, обсяги і терміни проведення берегозахисних робіт.

5. Завершальний етап створення берегозахисної екосистеми – це її біотехнічне та організаційне архітектурно-ландшафтне облаштування, яке включає заходи з охорони вод і берегів, озеленення та рекреаційного забезпечення, створення і можливого збереження біорізноманіття.

Слід зазначити, що берегозахисні споруди та водоохоронні заходи необхідно планувати на всю динамічну систему берега, яка і виступає об'єктом захисту. Біологічне кріплення посадками спеціальних видів рослинності: наземної – біля берегових уступів і повітряно-водної – на відмілині перетворює динамічну систему берега в берегову екосистему зі специфічними надводними і підводними біотопами та біоценозами.

У природних умовах порушена екосистема, в даному випадку берегова екосистема на водосховищі, проходить певні стадії (фази, етапи) розвитку до досягнення стану врівноваженої, саморегульованої системи. Такі ж параметри розрахунковим шляхом можна задати моделі берегової екосистеми – ділянці захисту берега, яка на стадії динамічної рівноваги повинна стати саморегульованою системою. Досягається це коливаннями нахилу берегової відмілини відповідно хвильовим навантаженням, а також знакозмінними міграціями вздовж і впоперек берега течій води і потоків наносів.

За останні 10-15 років нами були виконані науково-дослідні та проектно-вишукувальні роботи на ряді водних об'єктів Канівського водосховища в районі м.Києва, які показали, що відтворення втрачених внаслідок урбанізації водних і навколоводних екосистем природним шляхом практично неможливе. Єдиний реальний шлях їх оптимізації – це моделювання нових водних екосистем, які були б максимально наближеними до природних екосистем і в той же час задовольняли б потреби урбанізації. На такому підході обґрунтовано уявлення про інженерний захист берегів і прибережних територій як складової частини берегозахисних екосистем, які входять в прибережний екотон водосховища – його водоохоронну зону [2]. Ці екосистеми відіграють буферну, водозахисну роль в системі інженерного та біотехнічного впорядкування прибережних територій і одночасно повинні служити основою архітектурно-планувальних рішень на прибережних територіях, спрямованих, крім усього іншого, на збереження і примноження біорізноманіття.

Висновки:

1. За результатами моніторингу берегів водосховищ Дніпровського каскаду показано, що процес їх формування з часом суттєво не затихає, незважаючи на завершення прогнозованого 50-річного терміну їх т.зв. граничної (кінцевої) переробки. Більше того, темпи розмиву істотно відрізняються в різних частинах водосховищ і на різних типах берегів. Все це відбувається на тлі зменшення периметру берегової лінії, протяжності берегів, що розмиваються. Тим не менш, зростають площі втрачених в результаті розмиву прибережних територій, тобто проблема захисту берегів залишається актуальною. Більшість берегів, що розмиваються, знаходяться на різних етапах стадії абразійно-аккумулятивного вирівнювання берегової лінії, берегові форми набули рис стійкого спрямованого розвитку, розширюються відмілини і пляжі. В таких умовах захист берегів може бути обґрунтований з використанням фактичних даних і прогнозних моделей.

2. Понад чверть берегів дніпровських водосховищ захищені різними типами споруд (банкети з гірської маси, буни, дамби із земляними і бетонними укосами та ін.). Аналіз ефективності різних типів споруд показує, що найбільш прийнятними є споруди – аналоги природних берегів, які близькі до стану динамічної рівноваги. До них відносяться штучні піщані і галькові пляжі, методика розрахунку яких добре обґрунтована, в тому числі і за участю автора [1; 3; 5], і широко використовується на практиці.

3. Сформовано уявлення про берегозахисні екосистеми, як частину прибережного екотону водосховища у складі його берегової зони. Показано, що функціонально вони повинні бути максимально наближені до природних берегових екосистем. У статті сформульовані підходи до побудови натурних, прогнозних і фізичних моделей берегових екосистем, рекомендованих до захисту, прийоми їх взаємної верифікації та оптимізації. Застосування таких підходів на практиці в останні роки дозволило перетворити на окремих ділянках водосховищ деградовані берегові екосистеми в окультурені береги, що стабільно зберігають свої елементи, здатність до самозахисту і самооновлення в умовах урбанізації та господарського освоєння [3; 5].

Список літератури

1. *Рекомендації щодо поліпшення екологічного стану прибережних територій дніпровських водосховищ* // За редакцією В.Я.Шевчука. – Київ: «КСП», 1999. – 182 с. 2. *Дубняк С.С.* Моделирование берегозащитных экосистем как способ управления береговыми процессами на водохранилищах / С.С.Дубняк // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: в 4 т. Т.1: Гидро- и геодинамические процессы: труды Международной науч.-практ.конф. (17-20 мая 2011 г., Пермь) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. – С.70-75. 3. *Дубняк С.С.* Екологічні особливості систем берегозахисту на великих рівнинних водосховищах / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2010. – Т.3(20). – С.29-42. 4. *Дубняк С.С.* Методологія дослідження структурно-функціональних особливостей рівнинних водосховищ / С.С.Дубняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2006. – Т.10. – С.20-35. 5. *Ефективність та екологічна роль берегоукріплювальних споруд на дніпровських водосховищах* // Кол.авт. – Київ: Кафедра, 2012. – 120 с. 6. *Максимчук В.Л.* Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ / В.Л.Максимчук. – Киев: Будивельник, 1981. – 112 с. 7. *Максимчук В.Л.* Инженерно-геологическое и гидродинамическое обоснование берегозащитных мероприятий на водохранилищах / В.Л.Максимчук, С.А.Дубняк, В.П.Ткаченко. – Киев: Общество «Знание» Украинской ССР, 1983. – 15 с. 8. *Методические рекомендации по производству стационарных наблюдений за переработкой берегов равнинных водохранилищ.* – Киев: Украинский филиал

ЦНИИКИВР, 1980. – 110 с. 9. *Пышкин Б.А.* Динамика берегов водохранилищ / Б.А.Пышкин. – Киев: Наук. думка, 1973. – 413 с.

Еколого-гідроморфологічний підхід до обґрунтування берегозахисту на дніпровських водосховищах

Дубняк С.С.

З еколого-гідроморфологічних позицій проаналізовано процеси формування берегів дніпровських водосховищ і захисні заходи на них. Пропонуються прийоми і методи захисту, які дозволяють максимально використовувати екосистемні гідроморфологічні особливості берегів і берегозахисних заходів для підвищення їх ефективності та збереження біорізноманіття. Сформульовано алгоритм еколого-гідроморфологічного обґрунтування берегозахисних екосистем на рівнинних водосховищах.

Ключові слова: водосховище, водна екосистема, берегова зона, берегозахисні заходи, техногенна берегова екосистема.

Эколого-гидроморфологический подход к обоснованию защиты берегов на днепровских водохранилищах

Дубняк С.С.

С эколого-гидроморфологических позиций проанализированы процессы формирования берегов днепровских водохранилищ и защитные мероприятия на них. Предлагаются приемы и методы защиты, которые позволяют максимально использовать экосистемные гидроморфологические особенности берегов и берегозащитных мероприятий для повышения их эффективности и сохранения биоразнообразия. Сформулирован алгоритм эколого-гидроморфологического обоснования берегозащитных экосистем на равнинных водохранилищах.

Ключевые слова: водохранилище, водная экосистема, береговая зона, берегозащитные мероприятия, техногенная береговая экосистема.

Ecohydromorphological approach to the justification of coast-protection on the Dnipro reservoirs

Dubnyak S.S.

The processes of Dnieper reservoir coast forming and protection measures on them are analysed from ecohydromorphological position. The protection receptions and methods using ecosystem hydromorphological features of coast and coastal protection measures for increase of their efficiency and preservation of a biovariety are offered. The algorithm of ecohydromorphological justification of coast-protection ecosystems on the plain reservoirs is formulated.

Key words: reservoir; aquatic ecosystem, coastal zone, coastal protection measures, technogenic coastal ecosystem.

Надійшла до редколегії 21.09.2015

УДК 556.166

Шакірзанова Ж.Р., Казакова А.О.

Одеський державний екологічний університет

ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ДОВГОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ Р.ПІВДЕННИЙ БУГ

Ключові слова: територіальне довгострокове прогнозування, максимальний стік, весняне водопілля

Постановка проблеми та її значення. Весняне водопілля - багатоводна фаза гідрологічного режиму басейну р. Південний Буг. Формування стоку в цей період обумовлене таненням накопиченого за зиму снігу і весняними опадами, а також можливістю ґрунтів поглинати поталі та дощові води. Оскільки водопілля супроводжується розливами річок, то у багатоводні роки вони можуть набувати характер стихійного лиха, чим завдають великих збитків господарським об'єктам та населеним пунктам.

При виникненні катастрофічно високих водопіль, потрібна оцінка характеристик весняного стоку в цілому для великих регіонів, у тому числі й для річок недостатньо вивчених у гідрологічному відношенні. При цьому стає необхідним обґрунтування методів територіального прогнозування шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля. Особливо важливим є й встановлення ймовірності настання гідрологічних характеристик водопіль у багаторічному розрізі, картографічна форма представлення прогнозних величин та їх забезпеченостей з метою просторового аналізу формування весняного водопілля на значних територіях.

Мета роботи – прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Південний Буг та річок межиріччя Дністра і Південного Бугу при використанні методу територіальних довгострокових прогнозів характеристик стоку весняного водопілля для рівнинних річок території, включаючи й не вивчені у гідрологічному відношенні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження по створенню методів прогнозів стоку весняного водопілля по територіально загальних залежностях розглядалися у роботах В.Н.Паршина і М.С.Салова – для степової і лісостепової зон (1955), С.І.Харченка – для зони недостатнього зволоження (1959), Є.Г.Попова – для деяких північних річок (1963), В.А. Романенка – для невеликих річок басейну Дніпра (в межах України) (1963), В.В.Салазанова – для річок Верхнього Дніпра (1964). До більш пізнього періоду відносяться розробки О.С.Змійової (1977), А.І.Суботіна (1978), Д.А.Буракова (1976) та багатьох інших відомих дослідників. Для довгострокового прогнозу та розрахунку об'єму весняного водопілля можуть використовуватися математичні моделі Ю.Б.Виноградова [1] та М.М.Сусідка [2].

Особливості формування весняного водопілля на рівнинних річках відображені в математичній моделі «СЛОЙ-2», що розроблена в Українському

гідрометеорологічному інституті (УкрГМІ) М.М.Сусідком, Є.І.Кочелабою і В.П.Окорським [2]. Математична модель призначена для дослідження динаміки зимово-весняних процесів на річковому водозборі та дозволяє виконувати довгострокове прогнозування характеристик весняного стоку. Така модель особливо важлива в районах, які характеризуються зимовими відлигами. Прогноз об'єму весняного водопілля здійснюється шляхом воднобалансового вирішення при визначенні сумарних втрат тало-дощових вод через такі показники як коефіцієнт стоку і шар поверхневого затримання вологи з врахуванням залісеності водозборів. Модель широко використовується в оперативній практиці Українського гідрометцентру (УкрГМЦ) та дає можливість довгострокового просторового прогнозування шарів стоку весняного водопілля як для окремих водозборів, так і для річок всієї території України в цілому. При цьому прогнозні шари весняного стоку представляються у картографічному вигляді, а також у ймовірнісній формі за різними сценаріями розвитку весняних процесів.

В оперативній діяльності УкрГМЦ для гідрологічного прогнозування талого і дощового стоку також використовуються науково-методичні розробки УкрГМІ, які об'єднані в єдину систему у вигляді прогностично-моделюючих комплексів (за видами прогнозів і групами річкових басейнів): «Тиса», «Дністер», «Прут», комплекс «ДОЩ-3», «СЛОЙ-3», з програмним забезпеченням, реалізованим на персональному комп'ютері (автори М.М.Сусідко, О.І.Лук'янець) [3]. Моделі дозволяють математично описувати процеси снігонакопичення, зміни стану поверхні водозборів, сніготанення та стокоутворення в періоди весняних водопіль, а також процеси розвитку дощових паводків на основі моделювання процесів нерівномірного просторового розподілу опадів, стокоутворення, випаровування, фільтрації. Для басейну Південного Бугу в УкрГМІ на основі математичної моделі формування весняного стоку СНІГ-3 розроблена та використовується в практиці прогностична технологія ймовірного короткотермінового прогнозування перебігу стоку води з урахуванням ландшафтної неоднорідності розподілу гідрометеорологічних чинників в різних частинах басейну [4]. Для розрахунку переміщення паводкової хвилі по руслу річки авторами [4] використана ступенева модель STUFE, що враховує тільки процеси, що відбуваються в русловій мережі.

В Одеському державному екологічному університеті на кафедрі гідрології суші під керівництвом Є.Д.Гопченка та Ж.Р.Шакірзанової розроблений і переданий для оперативної роботи в Український гідрометеорологічний центр програмний комплекс, в основу якого покладений науковий метод територіального довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок, який дає можливість у картографічному вигляді представляти прогнозні величини у модульних характеристиках, а також оцінити ймовірність настання прогнозних величин у багаторічному розрізі, незалежно від гідрологічної вивченості території [5].

У даний час врахування сучасних змін клімату в розрахункових і прогнозних схемах водного режиму річок України являється нагальною задачею. Прикладом математичної моделі, яка відображає сучасні кліматичні зміни, що спостерігаються на розглядуваній території є модель «клімат-стік», автором якої є Н.С.Лобода і Є.Д.Гопченко [6]. Модель базується на вирішенні рівняння водно-теплого балансу територій при врахуванні метеорологічних величин, як спостережених, так й отриманих в різних сценаріях розвитку клімату у майбутньому.

Математичні моделі з зосередженими параметрами для прогнозування водного режиму річок розроблені і використовуються за кордоном, у тому числі, в

практиці ВМО [7], наприклад, Стенфордська (автори Н.Г.Крауфорд і Р.К.Лінслей), Д.Дюді і О'Доннела, Шеньси, Д.Є.Неша та ін. [8], Сакраменто [9], резервуарна модель [10] та ін. В практиці ВМО використовуються й гідродинамічні моделі (моделі вищого рівня). Це моделі з розподіленими параметрами, якими враховується фізична суть всього гідрологічного циклу явища у межах річкових водозборів. Моделі засновані на рівняннях математичної фізики і гідродинаміки, враховують в явному вигляді просторову нерівномірність стокоформуєчих факторів і тому потребують для ефективного використання достатньо обширної інформації, яка поки-що часто відсутня [7,8]. Серед розподілених моделей найбільш відомими є Європейська гідрологічна система (SHE) [11], DHSWM (Distributed Hydrology Soils and Vegetation Model, розробка американських вчених університету в Сієтлі – основні автори Біг моста і Леттенмайєр) [12], а також модель Датського гідралічного інституту «Майк-11», в яку входить модель опадистік NAM, гідродинамічна модель MIKE11 DHI та ін. [13].

Об'єкти дослідження і вихідні матеріали. Об'єктом дослідження є басейн р. Південний Буг з притоками – рр .Рів, Соб, Савранка, Кодима, Синюха, Інгул, а також деякі річки межиріччя Дністра і Південного Бугу. При обґрунтуванні параметрів методики територіальних довгострових прогнозів характеристик весняного водопілля використані матеріали режимних видань за багаторічний період спостережень по 53 гідрологічних постах (станом на 2010 р.), які мають тривалі часові ряди стокових спостережень. По території гідропости розміщені досить рівномірно, а гідрометеорологічна вивченість території в загальному задовільна. Діапазон водозбірних площ охоплює басейни за розміром від 36,5 км² (р. Південний Буг – с. Чорнява) до 46200 км² (р. Південний Буг – смт Олександрівка).

Найбільша кількість гідрологічних постів мають величини площ водозборів до 5000 км² (74% від загального їх числа). Часові ряди спостережень більші ніж 50 років мають 20 постів (38 % від загальної їх кількості). Станом на 01.06.2012 р. діючими є 24 гідрологічних поста, а в період з 1981 р. – закриті 8.

В роботі використані й дані спостережень за метеорологічними та агрометеорологічними чинниками весняного водопілля по 26 метеорологічних станцій, рівномірно розміщених по території. Снігозйомки відбуваються також на 11 метеопостах, причому 9 з них ведуть й вимірювання опадів.

Багаторічні матеріали спостережень мережі гідрометслужби України залучені з видань Центральної геофізичної обсерваторії («Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші») та Українського Гідрометцентру, що сформовані в базі даних АРМГ.

Виклад основного матеріалу і обговорення отриманих результатів. Гідрометеорологічними чинниками, що визначають характер весняного водопілля у поточному році являються [5]:

- запаси води на водозборі в період весняного водопілля, що є основним чинником надходження тало-дошових вод на річковій водозбір, які беруть участь у формуванні весняного водопілля (представляються в прогнозній схемі у вигляді модульних коефіцієнтів загальних запасів вологи)

$$k_x = (S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}), \quad (1)$$

де S_m та S_0 – середні на водозборах максимальні снігозапаси та їх середньобагаторічна величина, мм; X_1 і X_{1_0} – рідкі опади періоду весняного сніготанення та їх середньобагаторічна величина, мм; X_2 і X_{2_0} – рідкі опади

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

періоду спаду водопілля та їх середньобогаторічна величина, мм (враховуються при прогнозі шарів стоку водопілля).

- показником зволоження ґрунтів виступає індекс зволоження ґрунтів, який визначається, як передповенева витрата води $Q_{не}$, віднесена до середньобогаторічної величини витрати води цього ж місяця $(Q_{не})_0$

$$k_{Q_{не}} = \frac{Q_{не}}{(Q_{не})_0}, \quad (2)$$

де $k_{Q_{не}}$ – індекс зволоження ґрунтів – передповенева витрата води у річці (у відносній величині).

За відсутності даних стокових спостережень на річках використовується залежність виду (для богаторічних чи щорічних витрат води)

$$(Q_i)_0 = f(F), \quad (3)$$

- показником промерзання ґрунтів виступає модульний коефіцієнт максимальної глибини промерзання ґрунтів

$$(k_L)_i = \frac{L_i}{L_0}, \quad (4)$$

де L_i – середні по водозборах величини максимальних глибин промерзання ґрунтів, см; L_0 – середньобогаторічні величини максимальних глибин промерзання ґрунтів на окремих водозборах, см.

За відсутності богаторічних даних L_0 можна визначити за формулою

$$L_0 = 66 + 3,56(\varphi^0 - 50), \quad (5)$$

де φ^0 – широта пунктів виміру промерзання ґрунтів, ° півн.ш.

Методика довгострокових прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води заснована на використанні залежностей цих величин від кількості вологи на басейні, виражених у модульних коефіцієнтах у вигляді [5]

$$k_m = f(k_X), \quad (6)$$

де k_m – модульний коефіцієнт: для шарів стоку $k_m = Y_m / Y_0$ – відношення величин шарів стоку Y_m до їх середньобогаторічних значень Y_0 , мм; для максимальних витрат води весняного водопілля $k_m = q_m / q_0$ – відношення величин максимальних модулів водопілля q_m до їх середньобогаторічних значень q_0 , м³/(с·км²).

Прогноз шарів стоку чи максимальних витрат води весняного водопілля у вигляді відносних їх значень здійснюється в наступній послідовності.

За знаком дискримінантної функції DF встановлюється тип водності очікуваного водопілля – вищий, близький або нижчий за норму. Функція DF розраховується в дату складання прогнозів за рівнянням типу

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{Q_{не}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}, \quad (7)$$

де $A = (a_0, a_1, a_3, a_4)$ – вектор коефіцієнтів дискримінантної функції.

До вектор-предиктора дискримінантної функції були віднесені такі гідрометеорологічні фактори весняного водопілля, як: величини максимальних

запасів води в сніговому покриві і весняні опади у вигляді (1); індекс зволоження ґрунтів – середня витрата води в річці перед водопіллям, віднесена до її середньобагаторічної величини k_{Q_m} , одержаний за (2); максимальна глибина промерзання ґрунтів також у вигляді модульних коефіцієнтів k_L у вигляді (4) та середньомісячна температура повітря у лютому $\Theta_{02}^{\circ}\text{C}$.

Прогнозні величини визначаються за регіональними залежностями для шарів стоку чи максимальних витрат води у вигляді (6), які описуються поліномом за умов застосування кривих за ознаками DF у вигляді

$$k_m = b_0 + b_1 k_x + b_2 k_x^2 + b_3 k_x^3, \quad (8)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти полінома прогнозних залежностей для шарів стоку чи максимальних витрат води водопілля.

Отримання прогнозних величин шарів стоку Y'_m і максимальних витрат води Q'_m весняного водопілля на річках, виконується шляхом помноження отриманого за методикою модульного коефіцієнту k_m на середньобагаторічну величину шару стоку Y_0 чи максимальної витрати води (модуля) q_0 .

За відсутності стокових вимірів на річках пропонується для визначення величин Y_0 використовувати картосхему їх розподілу по території (рис.1) при врахуванні впливу залісеності (f_{λ}) і заболоченості (f_{δ}) водозборів. Значення коефіцієнтів впливу залісеності (k_{λ}) і заболоченості (k_{δ}) на середньобагаторічні величини шарів стоку визначаються за рівняннями

$$k_{\lambda} = 1 + 0.078 \cdot \lg(f_{\lambda} + 1); \quad (9)$$

$$k_{\delta} = 1 - 0.11 \cdot \lg(f_{\delta} + 1). \quad (10)$$

Визначення середньобагаторічних максимальних модулів весняного водопілля q_0 для невивчених у гідрологічному відношенні річок пов'язане з неможливістю їх просторового узагальнення для різних за площею водозборів. Метод територіального прогнозу максимумів водопілля дозволяє розраховувати величину q_0 в рамках моделі типового редуційного гідрографа, запропонованої Є.Д.Гопченком та В.А.Овчарук у вигляді [14]

$$q_0 = q'_0 \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r, \quad (11)$$

де q_0 – середній багаторічний модуль максимального стоку, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; q'_0 – середній багаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; $\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$ – трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання; ε_F – коефіцієнт русло-заплавного регулювання; r – коефіцієнт трансформації водопіль під впливом озер і водосховищ руслового типу.

Значення середнього багаторічного модуля максимальних витрат води схилового припливу визначаються за рівнянням

$$q'_0 = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_0, \quad (12)$$

де $\frac{n+1}{n}$ – коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі, що прийнятий рівним на рівні 8,1; Y_0 – середньобогаторічний шар стоку весняного водопілля, мм (Рис.1); T_0 – тривалість схилового припливу тало-дощових вод, год, що узагальнена у вигляді карто-схеми (рис.2).

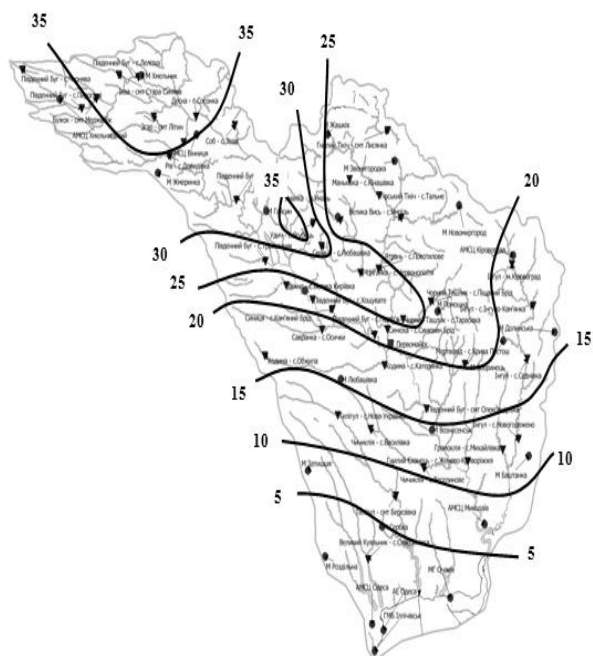


Рис.1. Розподіл по території середніх багаторічних величин шарів стоку весняного водопілля в басейні Південного Бугу та річок межиріччя Дністра і Південного Бугу ($f_L = 0$, $f_{\bar{0}} = 0$), мм

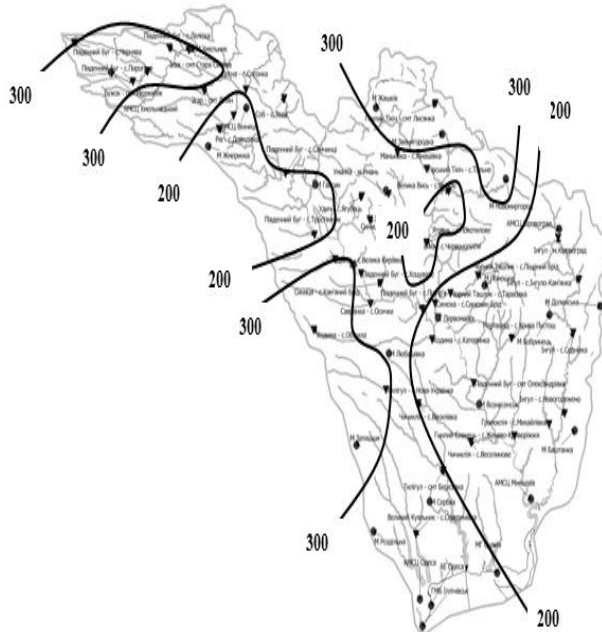


Рис.2. Розподіл по території тривалості схилового припливу тало-дощових вод в басейні Південного Бугу та річок межиріччя Дністра і Південного Бугу ($f_L = 0$, $f_{\bar{0}} = 0$), год

Значення коефіцієнтів впливу залісеності k'_L і заболоченості k'_θ на середньобогаторічні величини тривалості схилового припливу, що одержуються з карто-схеми їх розподілу по території визначаються за рівняннями:

$$k'_L = 1 + 0.34 \cdot \lg(f_L + 1); \quad (13)$$

$$k'_\theta = 1 + 1.23 \cdot \lg(f_\theta + 1). \quad (14)$$

Для розрахунку трансформаційної функції Є.Д.Гопченком [14] обґрунтовані рівняння:

а) при $0 < t_p < T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = 1 - \frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)} \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^n; \quad (15)$$

б) при $t_p \geq T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = \frac{n}{n+1} \frac{T_0}{t_p} \left[\frac{m+1}{m} - \frac{n+1}{m(m+n+1)} \left(\frac{T_0}{t_p} \right)^m \right]; \quad (16)$$

в) при $t_p / T_0 = 0$

$$\psi(t_p / T_0) = 1,0, \quad (17)$$

де t_p – тривалість руслового добігання, год; m – показник степені у рівнянні кривої ізохрон, $m = 1,0$; $n = 0,2$.

Розрахунок тривалості руслового добігання t_p здійснюється за формулою $t_p = L / V_0$, де L – гідрографічна довжина водотоку (відстань від найдальшої точки водозбору), км; V_0 – швидкість добігання, км/год.

Для визначення швидкості добігання використовується формула $V_0 = a_2 \cdot F^{\alpha_2} \cdot I^{0,33}$, де a_2 – швидкісний параметр, приймається за табл.1; α_2 – параметр, який також визначається за табл.1 (для басейну р.Південний Буг та річок межиріччя Дністра і Південного Бугу); I – середньозважений ухил річки, ‰.

Таблиця 1. Значення параметрів a_2 і α_2

Географічна зона	a_2	α_2
Лісостепова	1,51	0,17
Степова	1,19	0,14

Якщо дані про середньозважені ухили річок або про гідрографічну довжину водотоку відсутні, то їх можна визначити в залежності від площ водозборів $I = f(F)$.

Для урахування впливу на максимальний стік весняного водопілля озер і водосховищ в (11), рекомендується використовувати формулу СНіП 2.01.14-83 [15]

$$r = 1 / (1 + C f'_{03}), \quad (18)$$

де f'_{03} – середньозважена озерність; C – емпіричний коефіцієнт, який визначається величиною Y_0 за табл.2

Таблиця 2. Значення коефіцієнта C

Y_0 , мм	49-20	<20
C	0,35	0,40

Коефіцієнт русло-заплавного регулювання ε_F визначається з (11)

$$\varepsilon_F = (q_0 / q'_0) / [\psi(t_p / T_0)] \cdot r, \quad (19)$$

а потім узагальнюється в залежності від розмірів водозборів. Наприклад, для рівнинних річок України (у тому числі й для р.Південний Буг та річок межиріччя Дністра і Південного Бугу) у вигляді $\varepsilon_F = e^{-0,18 \cdot \lg(F+1)}$.

Визначаються значення ймовірнісних оцінок настання прогнозних величин у багаторічному періоді ($P\%$), які здійснюються за прогнозними модульними коефіцієнтами шарів стоку або максимальних витрат води водопілля та їх статистичними характеристиками при використанні трипараметричного гамма-розподілу С.Н.Крицького і М.Ф.Менкеля (при визначеному співвідношенні $C_s / C_v = 2,5$) [15].

Спрогнозовані характеристики весняного водопілля у вигляді модульних коефіцієнтів k_m для шарів стоку та максимальних витрат води, а також їх забезпеченості представляються у картографічному вигляді для поточного року.

Висновки. Використаний метод територіального довгострокового прогнозу шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля на рівнинних річках при перевірці прогнозної методики на незалежних матеріалах (2001-2010 рр.) для річок басейну Південного Бугу та річок межиріччя Дністра і Південного Бугу дозволяє здійснювати оперативне прогнозування цих характеристик у поточних роках. Прогнозування весняного водопілля (шарів стоку та максимальних витрат води) здійснюється при встановленні комплексу гідрометеорологічних чинників з використанням методу дискримінантного аналізу, отриманні модульних коефіцієнтів за регіональними залежностями, визначенні очікуваних величин стокових характеристик при встановленні їх середньобаторічних величин (у тому числі за відсутності стокових спостережень на річках), а також визначенні забезпеченості прогнозних величин у багаторічному розрізі.

Список літератури

1. *Виноградов Ю.Б.* Модель «Объём половодья – ГГИ 82» / Ю.Б. Виноградов // Труды ГГИ, 1985. – Вып. 304. – С.3-41.
2. *Кочелаба Е.И.* Математическое моделирование процессов формирования половодного стока на территории Полесья с учетом тепловых явлений / Е.И. Кочелаба, В.П. Окорский, М.Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1990. – Вып. 235. – С.3–18.
3. *Сусідко М.М.* Карпати – паводкобезпечний регіон України. Комплексна басейнова система прогнозування паводків у Закарпатті: методична та технологічна база її складових./ М.М. Сусідко, О.І. Лук'янець – Київ, 2010. – 64 с.
4. *Соседко М.М.* Технологія взаємодії математичних моделей формування стоку / М.М. Соседко, Т.В. Маслова, О.А. Липкань // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2011. - Вып. 260. – С. 158-174.
5. *Шакірзанова Ж.Р.* Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України: монографія / Ж.Р. Шакірзанова. – Одеса: ТОВ «Плутон», 2015. – 252 с.
6. *Степаненко С.М.* Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] / колектив авт.: С.М. Степаненко, А.М. Польвий, Є.П. Школьній [та ін.]; за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польвого. – Одеса: Екологія, 2011. – 696 с.
7. *Руководство по гидрологической практике.* Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. – Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168). – Пятое изд. 1994. – 844 с.
8. *Георгиевский Ю.М.* Гидрологические прогнозы. / Ю.М. Георгиевский, С.В. Шаночкин Учебник. – СПб., изд.РГГМУ, 2007. – 436 с.
9. *Burnash, R. J. C.* 1973: A Generalized Streamflow Simulation System: Conceptual Modelling for Digital Computers./ R.J.C. Burnash, , R.L. Ferral, R.A. McGuire // National Weather Service and State of California Department of Water Resources, March.
10. *Sugawara, M.,* 1974: *Tank Model and its Application to Bird Creek, Wollombi Brook, Bikin River, Kitsu River, Sanaga River and Nam Mune.*/ M.Sugawara, E. Ozaki, I. Watanabe, S. Katsuyama // Research Note of the National Research Center for Disaster Prevention, Science and Technology Agency, Tokyo, Japan, June.
11. *An introduction to the European Hydrological System-Systeme Hydrologique Europeen* / M.B. Abbott, J.C. Bathurst, J.A. Cunge [et al.] // "SHE". 1 History and philosophy of a physically based distributed modelling system. Journal of Hydrology. – 1986. – N 87. – P. 45 – 59.
12. *Wigmosta M.S.* A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain / M.S. Wigmosta, L.Vail, D.P. Lettenmaier // Water Resources Research. – 1994. – Vol. 30. – P. 1665 – 1679.
13. *MIKE 11 - a Modelling System for Rivers and Channels* / Short Introduction Tutorial / Version 2007, DHI Water & Environment, 15 p.
14. *Гопченко Е.Д.* Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины/ Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук : монографія. – Одесса: ТЭС, 2002. – 110 с.
15. *Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик.* СНиП 2.01.14-83. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.

Територіальне довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р.Південний Буг

Шакірзанова Ж.Р., Казакова А.О.

Використаний метод територіальних довгострокових прогнозів характеристик стоку весняного водопілля (на прикладі р. Південний Буг та річок межириччя Дністра і Південного Бугу) дозволяє передчасно визначати максимальні витрати води та шари стоку в весняний період для будь-яких річок території, включаючи і невивчені в гідрологічному відношенні.

Ключові слова: територіальне довгострокове прогнозування, максимальний стік, весняне водопілля

Территориальное долгосрочное прогнозирование характеристик максимального стока весеннего половодья в бассейне р.Южный Буг

Шакирзанова Ж.Р., Казакова А.А.

Использованный метод территориальных долгосрочных прогнозов характеристик стока весеннего половодья (на примере р. Южный Буг и рек междуречья Днестра и Южного Буга) позволяет преждевременно определять максимальные расходы воды и слои стока в весенний период для любых рек территории, включая и неизученные в гидрологическом отношении.

Ключевые слова: территориальное долгосрочное прогнозирование, максимальный сток, весеннее половодье

Territorial long-term forecasting characteristics maximum runoff spring flood in the basin of the Southern Bug

Shakirzanova Zh.R. , Kazakova A.O.

The method used for territorial long-term forecasts of spring flood runoff characteristics (for example, r. Southern Bug and rivers of territory between the Dniester and Southern Bug) allows premature to determine the maximum discharge of water and the layers runoff in the spring for any river area, including uninvestigated hydrologically.

Keywords: spatial long-term forecasting, maximum flow, spring flood.

Надійшла до редколегії 23.06.2015

УДК 551.577.2

Prohaska Stevan

Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources

ASSESSMENT OF THE RETURN PERIOD OF THE RAINFALL INTENSITY THAT CAUSED THE MAY 2014 FLOOD IN SERBIA

Keywords: May 2014 flood, heavy rainfall, rainfall intensity, rainfall duration, probability of occurrence, return period, statistical significance

Introduction. The major floods in Serbia were caused by heavy rainfall events in most of western and central Serbia, which occurred between midnight (00:00) of 12 May and 3 am on 19 May 2014. This flood affected the Kolubara River basin, the lower Drina River basin, the Zapadna Morava River basin, the lower Južna Morava River basin, the catchment areas of the Velika Morava tributaries, and the Mlava River basin, as well as the lower Sava River basin, from the state frontier to the confluence of the Sava and the Danube at Belgrade. The heavy rainfall that led to the formation of a flood wave on the Sava and its tributaries also affected Croatia and Bosnia and Herzegovina, but these two countries are not included in the present assessment.

The main causer was a spatial cyclone which was formed and developed at all altitudes, as a result of a cold wave of Atlantic air coming via the Alps into the Mediterranean region. It shifted over the Adriatic to the Balkans. On 13 May, the cyclone moved from the Adriatic Sea to the western and central parts of the Balkans, and from 14 to 16 May it strengthened (deepened) at all altitudes and also became

localized (moved very slowly). The focus at the lower end moved from the Gulf of Genoa via the Apennines and the South Adriatic to southern Serbia, Bulgaria and Romania, and then made an elliptical "loop" above southeastern parts of the Pannonian Plain (northern Serbia, eastern and southeastern Hungary and northwestern Romania). On that particular occasion the cyclone deviated from the usual path followed by Genoa cyclones, which is towards the Black Sea, where they generally dissipate. The main zone of clouds and rain was above most of Serbia, particularly western Serbia, then Republika Srpska and Slavonia. It moved very slowly, as did the cyclone itself, and from 14 to 18 May 2014, according to the data collected by the National Meteorological Service of Serbia (RHMZ), delivered extreme amounts of rain, in most places exceeding 200 l/m², and locally more than 300 l/m². This event was preceded by heavy rainfall between 14 April and 5 May, when most of Serbia received between 120 l/m² and 170 l/m² of rain, and southwestern Serbia even 250 l/m² or more. All of this together caused disastrous floods, flash floods, erosion and landslides, first along small watercourses (creeks), then medium-size rivers and finally large rivers, particularly the Sava.

Assessment of statistical significance of heavy rainfall in May 2014 and its characteristics. The study of high-intensity rainfall requires hourly data expressed in mm/h. In principle, regular gauging of the amount of fallen rain (hereafter also precipitation) is conducted in Serbia by the National Hydrometeorological Service (RHMZ), which operates a network of weather stations, including main meteorological stations (MMSs), precipitation stations and automated stations. An MMS records and archives hourly precipitation totals. Precipitation stations measure 24-hour totals, from 7 am to 7 am on the following day. Rainfall information from automated stations is retrieved online, depending on current needs of the RHMZ Operations Division. For the purposes of the present research, only MMS hourly data were used. For the duration of a flood event, data from the precipitation stations are transmitted via telephone. However, when there is a flood, telephone lines tend to be disrupted and the data are therefore unreliable. The automated stations are also often affected and, almost as a rule, they are down in emergency situations.

Of all the data recorded for the duration of a flood, only MMS hourly precipitation totals are truly available. All such MMS data, recorded from 00:00 on 12 May to 03:00 hours on 19 May 2014 by 28 stations in Serbia, were compiled for the present research.

The spatial distribution of the MMSs that provided the data is shown on a map in Figure 1, along with precipitation depth isohyets for the duration of the heavy rainfall. The map clearly shows the part of Serbia that was exposed to the heaviest precipitation. It included the catchments of the Jadar and Kolubara Rivers. The highest precipitation depths during the major rainfall event were recorded by the MMSs at the City of Loznica (188.3 mm), the Belgrade Observatory (179.1 mm), the City of Valjevo (178.9 mm), the Rimski Šančevi suburb of the City of Novi Sad (133.8 mm), and the City of Smederevska Palanka (130.8 mm).

For the assessment of the return periods of extreme rainfall, which is one of the main causes of floods in a river basin, high-intensity rainfall monitoring data are required. Hourly values expressed in mm/h are needed for a thorough analysis of such events.

As only hourly values from the MMSs were truly available, it was possible to study the maximum rainfall intensities over the entire area and compare them to the most recent statistical and probabilistic assessments [1]

The outcomes of the study revealed an indisputable fact – that the heavy rainfall at and between the MMSs lasted for a very long time. This is generally a rare occurrence, which results in disastrous floods.

The total duration of rainfall across Serbia at that time exceeded a return period of 1000 years.

In this study the hourly rainfall data made it possible to determine the maximum rainfall intensities (depths) for different rainfall durations at all the MMSs. Specifically, maximum precipitation depths were extracted for the following characteristic rainfall durations: 1, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours.

The isohyet maps produced using these data are presented in Figs. 2–8. They clearly show the directions of maximum rainfall centers in Serbia for different rainfall durations

During the studied heavy rainfall events, maximum hourly intensities (Fig. 2) concentrated at Smederevska Palanka, Niš and two smaller localities near the cities of Vranje and Loznica..

The focus of the three-hour maximum rainfall intensity (Fig. 3) was registered near Smederevska Palanka, while foci of lower intensity were noted near Niš, Loznica and Vranje. The focus of maximum six-hour rainfall intensity (Fig. 4) was recorded in the area between Belgrade and Smederevska Palanka and near Niš. The focus of six-hour maximum rainfall near Loznica was of a lower intensity. These foci merged over the region of Šumadija and a part of the Province of Vojvodina. The 50 mm isohyet for six-hour rainfall thus encompassed the area circumscribed by the MMSs at Belgrade, Smederevska Palanka, Valjevo, Loznica and Novi Sad.

The areas of maximum 12-hour intensity (Fig. 5) expanded: the highest intensities were registered between Belgrade and Smederevska Palanka, and somewhat lower intensities near Niš, Novi Sad and Loznica.

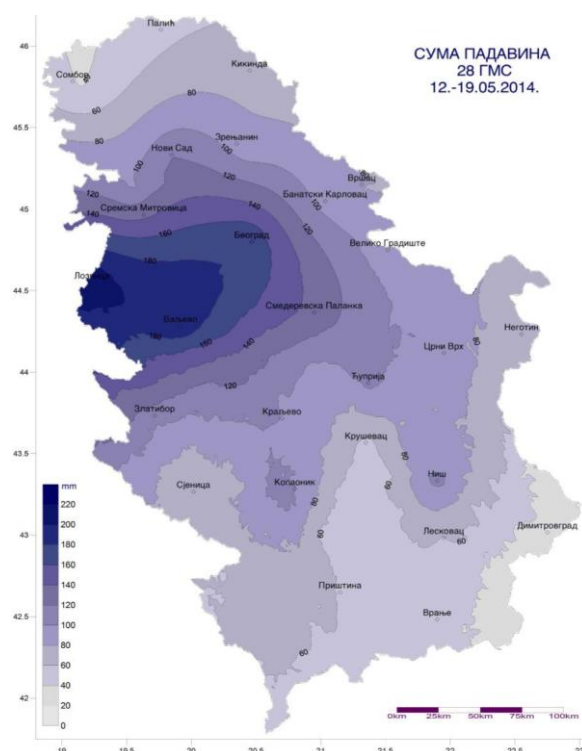


Figure 1. Precipitation totals, 28 MMSs, 12–19 May 2014.

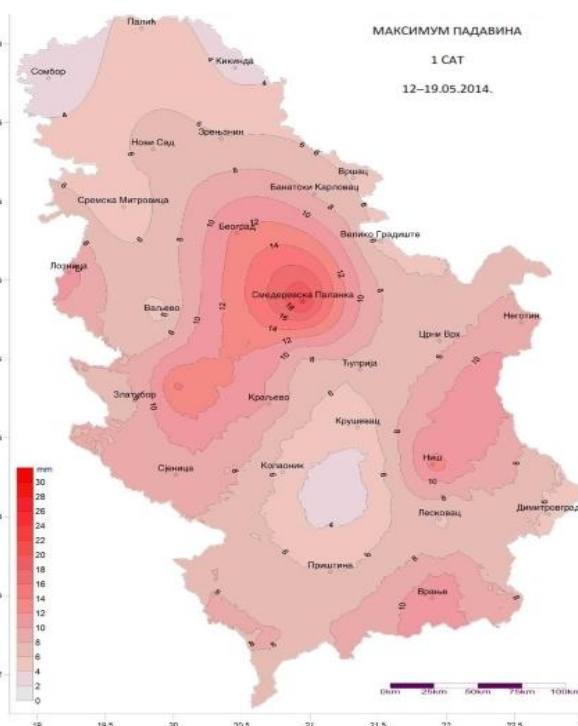


Figure 2. Maximum hourly precipitation, 12–19 May 2014.

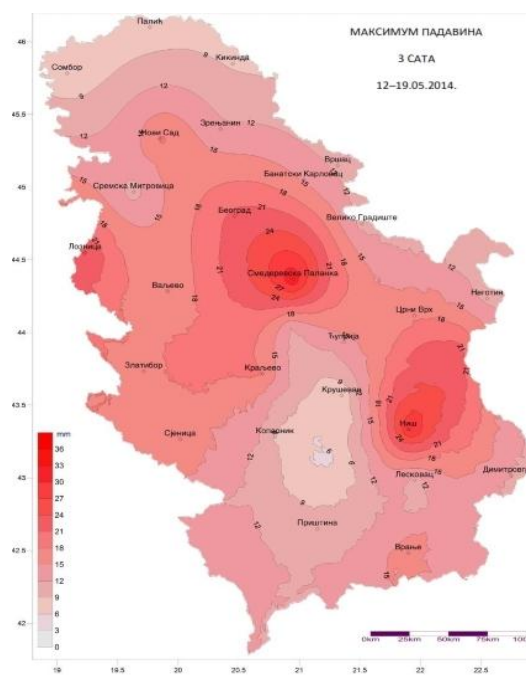


Figure 3. Maximum three-hour precipitation, 12–19 May 2014

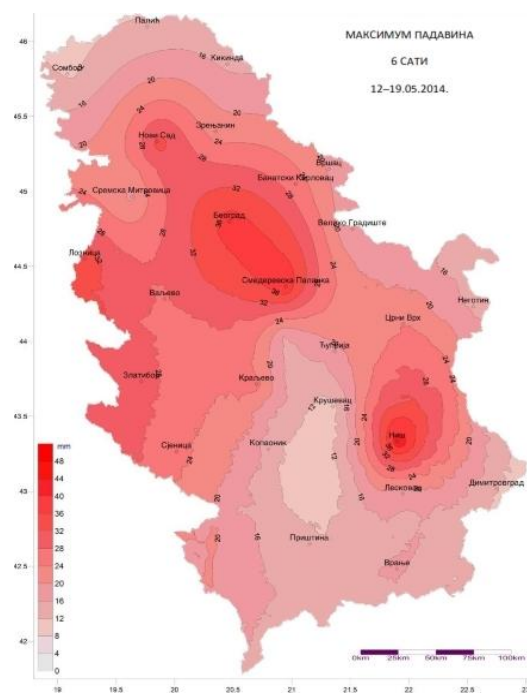


Figure 4. Maximum six-hour precipitation, 12–19 May 2014.

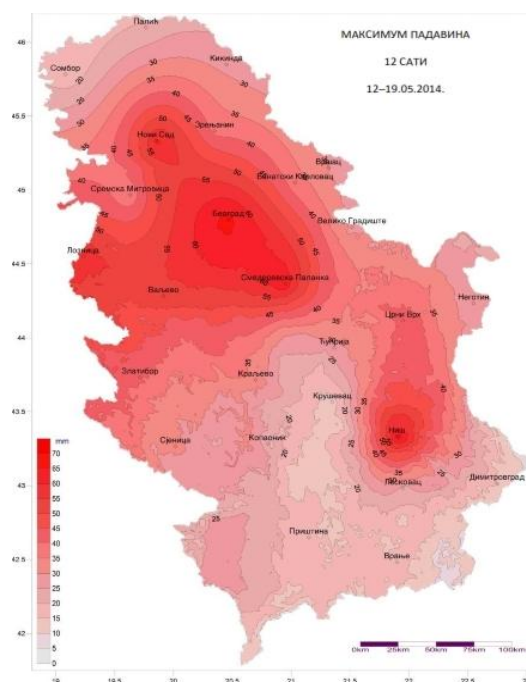


Figure 5. Maximum 12-hour precipitation, 12–19 May 2014.

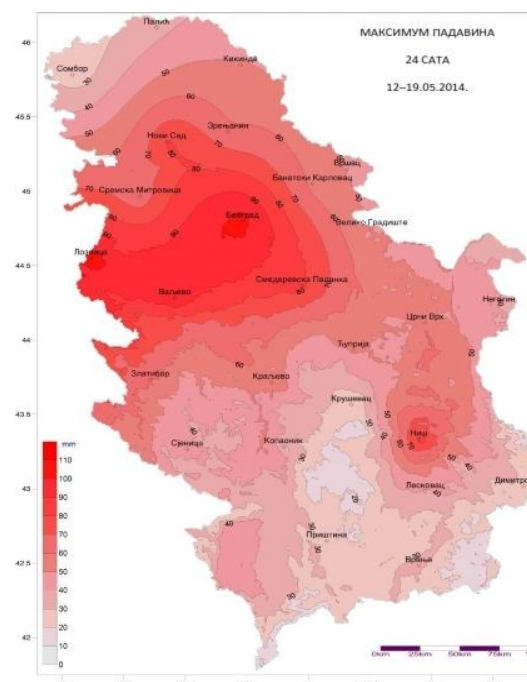


Figure 6. Maximum 24-hour precipitation, 12–19 May 2014.

As shown in Fig. 6, the area that received the most intense precipitation over 24 hours was identical to that of the 12-hour rainfall, but there were two additional, smaller areas of concentrated rainfall near Belgrade and Loznica. The area of maximum 48-hour intensity (Fig. 7) remained virtually the same, but it was slightly elongated, generally in the Belgrade-to-Loznica direction. The highest rainfall intensity was recorded in downtown Loznica. The pattern of the maximum 72-hour rainfall (Fig. 8)

was similar, but two high-intensity belts were divided into two focal areas of heavy rainfall: one between Belgrade and Valjevo and the other near Loznica.

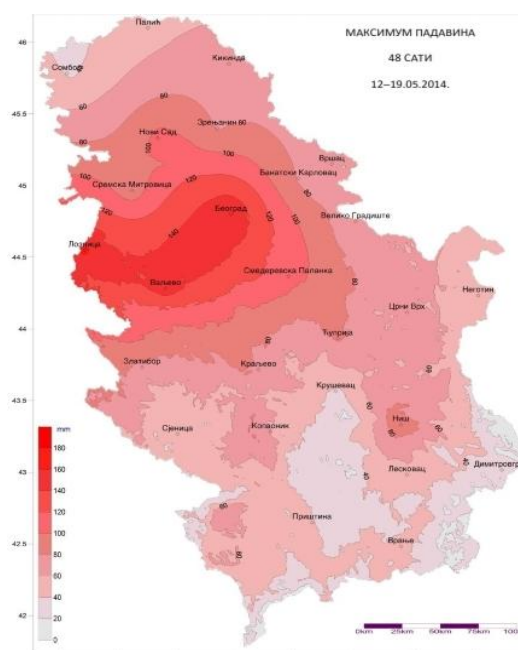


Figure 7. Maximum 48-hour precipitation, 12–19 May 2014.

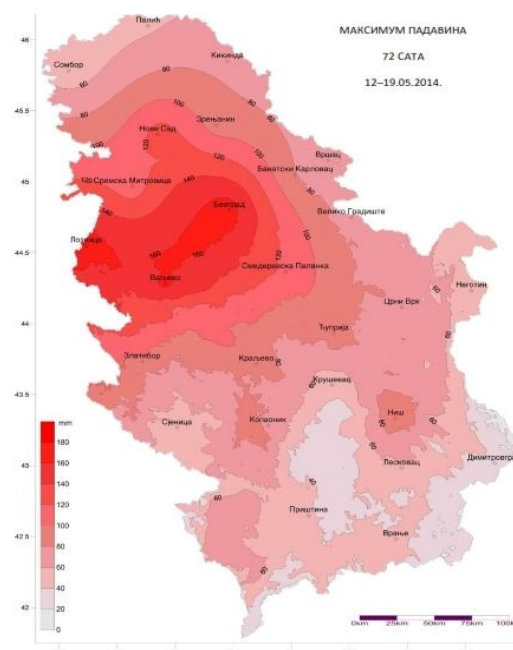


Figure 8. Maximum 72-hour precipitation, 12–19 May 2014.

It is evident that during this particular extreme rainfall event, the most statistically significant were the three-day amounts of precipitation recorded from 14 to 16 May 2014. To provide insight into the statistical significance, Fig. 9 shows the isolines of actual three-day rainfall depths and the corresponding theoretical depths for a 1000-year return period. To produce this map, both the MMS data and data from other weather stations, which do not record hourly values, were used. The assessment was based on Gumbel's model of the theory of extremes and 1961-2011 precipitation depth data from 59 weather stations in Serbia

As it is shown in the Fig. 9, this map indicates that the rainfall intensity was the highest from 14 to 16 May 2014 in the Drina and Kolubara regions, then in Mačva and Tamnava, where the actual amounts of precipitation exceeded three-day theoretical values for a return period of 1000 years.

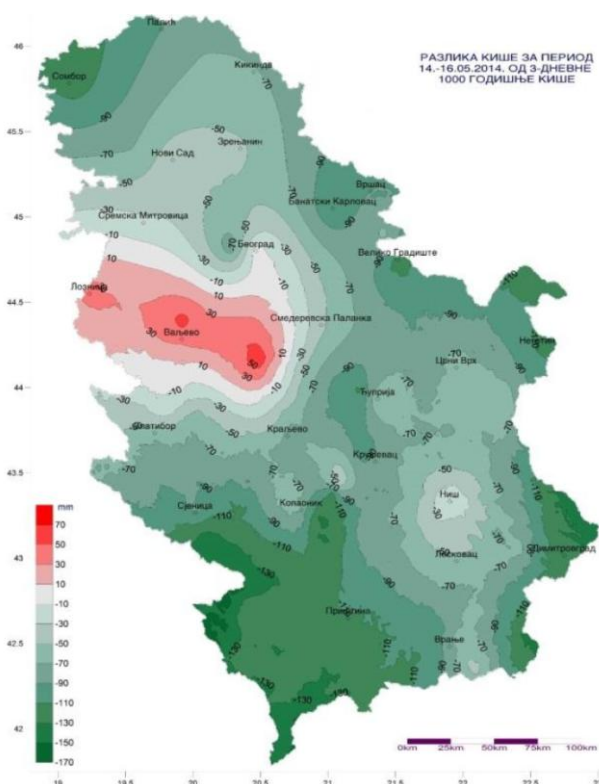


Figure 9. Map of precipitation depths (mm), 14–16 May 2014.

For the assessment, the return periods all recorded maximum intensities during the May's flood in Serbia a more subtle analysis of rainfall depths, or rainfall intensities, as a function of rainfall duration and probability of occurrence was conducted for all MMSs. The results are shown in Figs. 10–12, which contain a parallel representation of precipitation as a function of these two parameters, or the so-called depth-time-probability (DTP) curves, as well as the maximum rainfall intensities (depths) recorded during the May 2014 flood event by the MMSs at Belgrade and Loznica. The DTP curves were taken from the Monograph *Heavy Rainfall Intensities in Serbia* by S. Prohaska, V. Bartoš Divac et al., Belgrade, 2014, which contains the outcomes of the most recent statistical and probabilistic assessments of rainfall intensities at 30 pluviographic stations in Serbia. The results are shown in the Monograph in the form of, *inter alia*, DTP curves and GIS maps of rainfall depths for different rainfall durations and probabilities of occurrence.

The DTP curves shown here are indicative of the statistical significance of the studied rainfall event in Serbia. For example, it is evident in Fig. 10, which shows the DTP curve for Belgrade, that the maximum intensities for rainfall durations of up to four hours (240 minutes) were below the long-term average. Then the maximum intensities began to rise rapidly with increasing rainfall duration, and after 24 hours (1440 minutes) reached a level that corresponded to a 100-year return period. As the rainfall duration increased further, so did the maximum intensities, and after 48 hours (2880 minutes) the rainfall depth reached the level of a 400-year return period. For rainfall duration of 72 hours (4320 minutes), the return period was 700 years.

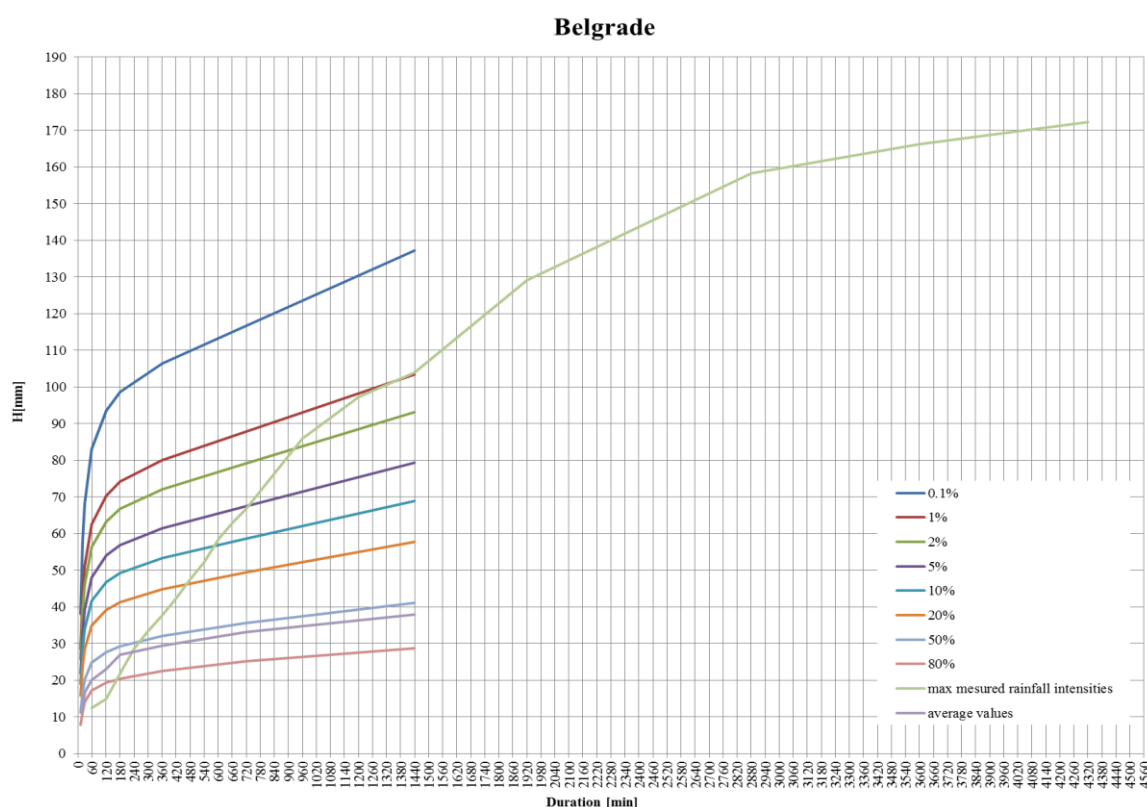


Figure 10. DTP curve for Belgrade

The second example is given for a nearly identical situation which was reported by the MMS at Loznica. The maximum recorded intensities of up to five hours (300 minutes) were below the long-term average. Then there was a sudden increase in the

maximum intensities, up to 48 hours. The 24-hour maximum intensities (1440 minutes) exceeded a 100-return period, while in 48 hours (2880 minutes) they reached a level that corresponded to a 1000-year return period. Then, as rainfall duration increased, the intensities began to decline and after 72 hours (4320 minutes) they were commensurate with a 400-year return period.

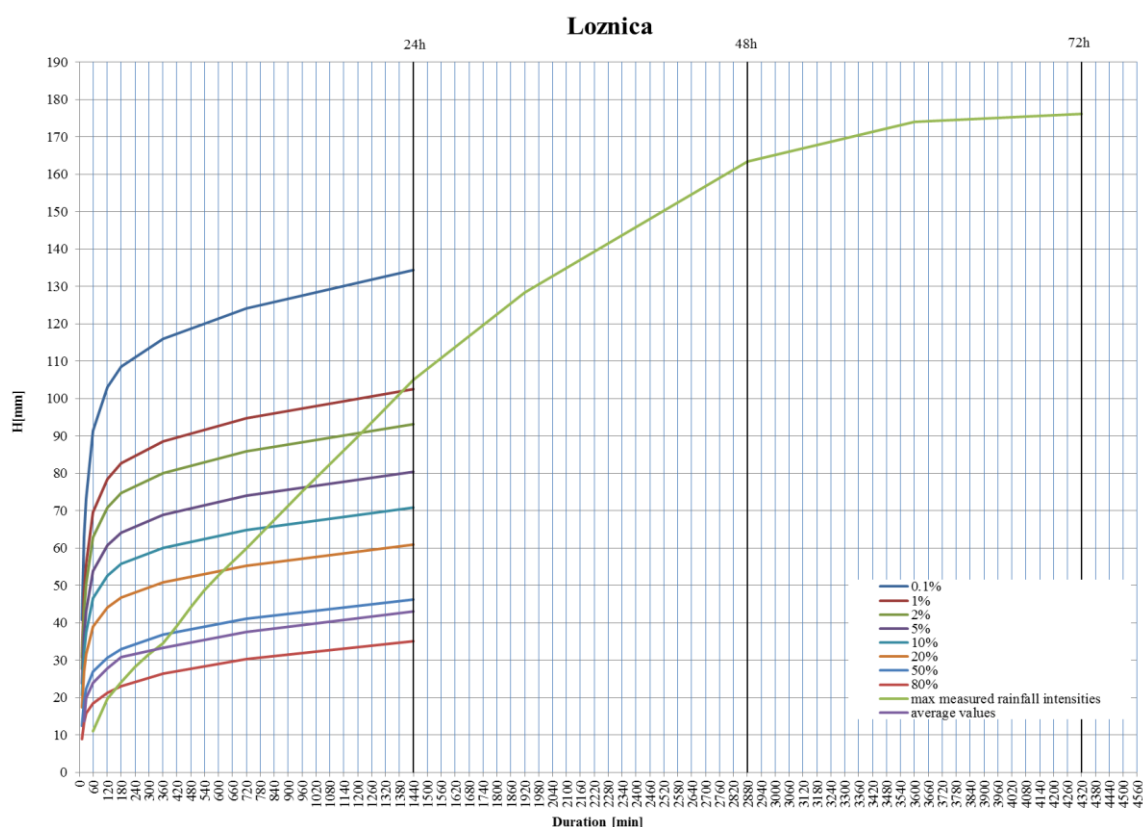


Figure 11. DTP curve for Loznica

To provide insight into the statistical significance of the rainfall in the extended flooded area of Serbia, Table 1 contains a summary of rainfall depths for different rainfall durations and the corresponding return periods for seven MMSs, with the highest registered precipitation levels from midnight on 12 May to 3 am on 19 May 2014. For rainfall durations shorter than six hours, long-term averages (Av.) are shown instead of return periods $T(\text{yr})$.

It is obvious that Table 1 shows that the recorded maximum hourly intensities were well below the long-term averages. The recorded maximum three-hour rainfall depths at nearly all the MMSs were below the long-term averages, except for the MMSs at Smederevska Palanka and Niš, where they were slightly higher. The maximum six-hour intensities were generally around the long-term averages, except at Niš, where the intensity was considerably higher, and at Sremska Mitrovica where it was lower. The recorded maximum 12-hour intensities were statistically significant solely at the MMS in Niš, of the order of a 100-year return period. Only the recorded maximum 24-hour intensities were statistically significant in the extended area: 100-year return period at the MMSs in Belgrade and Loznica, 70-year return period at Valjevo and 50-year return period at Niš. The highest statistical significance during the May flood event was registered at the Loznica MMS, where for a 48-hour duration (two-day maximum) the recorded maximum rainfall depth corresponded to a 1000-year return period. For the

same duration, the other MMSs recorded statistically significant rainfalls of the order of a 400-year return period at Belgrade and Valjevo and an 80-year return period at Niš. Statistically very significant maximum rainfall depths over 72 hours (three-day maximum), exceeding a 700-year return period, were recorded at Belgrade and Valjevo. The MMS at Loznica recorded a maximum rainfall intensity (of the same duration) whose return period was about 400 years. The MMS at Rimski Šančevi reported 100-year rainfall intensity and that at Niš 80-year maximum intensity.

Assessment of the return period of monthly precipitation totals in May 2014.

As already mentioned, such events preceded the maximum rainfall episodes analyzed in the previous section of this paper and similar events were also recorded afterwards. In May, the total number of rainfall days at the MMSs in Serbia ranged from 14 days on Mt. Zlatibor to 21 days in Novi Sad, which was seven days more than the usual number of rainy days in May.

In order to insight into the statistical significance of recorded precipitation totals in Serbia in May 2014, Table 2 shows the characteristic May precipitation totals at selected weather stations, which reported the highest levels. Specifically, the table shows precipitation totals for the period from 1 to 31 May 2104, the highest May precipitation total on record and the year recorded, as well as typical statistical parameters, such as the long-term averages and theoretical precipitation totals for the month of May for different return periods.

As it can be seen in Table 2, the monthly precipitation totals recorded in May 2014 at selected MMSs in Serbia were considerably higher than the previously registered extremes. At Valjevo, for instance, the highest May precipitation total was previously recorded in 1957, but was exceeded in 2014 by nearly 50%. The MMSs at Belgrade and Smederevska Palanka previously recorded May extremes in 1990 and 1929, respectively, which were exceeded in 2014 by 45%. At Loznica, the extreme recorded in 1938 was exceeded by 44%. The MMSs at Novi Sad, Mt. Zlatibor and Požega, whose highest May precipitation totals were recorded in 1987, 1956 and 1980, respectively, exceeded those levels in 2014 by 12 to 14%. Only the MMS at Sremska Mitrovica reported a slightly higher May precipitation total in 2014 (by 2%) than the previous 1939 record. The long-term average May precipitation totals were exceeded by a factor of 2.0 (Mt. Zlatibor) to 4.1 (Belgrade). From a return period perspective, all MMSs reported that May 2014 precipitation exceeded previous return periods of maximum precipitation depths, of different durations (and consequently led to disastrous floods in Serbia). The MMS at Smederevska Palanka registered the longest return period of the May precipitation total, of the order of 5000 years. The MMS at Valjevo reported a return period of some 3333 years and that in Belgrade of 2500 year, followed by Loznica (667 years), Novi Sad (588 years), Kragujevac (333 years) and Sremska Mitrovica (286 years). The southern periphery of the study area recorded May precipitation totals that corresponded to return periods of 154 years on Mt. Zlatibor and 125 years at the City of Požega.

Conclusion. The conclusion of this paper is as following:

1. All main meteorological stations (MMSs) reported a very long duration of high-intensity rainfall, both at their locations and in-between, and this rainfall caused the May 2014 flood. Such an occurrence is very rare and generally results in disastrous floods. The total duration of this rainfall event across Serbia exceeded durations that have a 1000-year return period.

2. Maximum rainfalls of 5–6 hours, which tend to cause flash floods, were below long-term averages, except in the vicinity of Smederevska Palanka and Niš.

Table 1. Assessment of statistical significance of actual maximum rainfall intensities (depths) of different durations, which resulted in the May 2014 flood event in Serbia

Main meteorological station (MMS)	Rainfall duration									
	1h		3h		6h		12h		24h	
	mm	Av.	mm	Av.	mm	Av.	mm	T(yr)	mm	T(yr)
Belgrade	12.5	23.1	21.8	29.5	37.3	33.2	66.8	20	103.9	100
Loznica	11.1	27.8	24.2	33.3	34.5	37.5	59.8	7	105.0	100
Valjevo	5.5	25.3	15.0	32.1	27.7	36.1	53.8	3	97.4	70
R. Šančevi	7.5	17.2	18.4	26.6	33.5	33.1	60.9	20	81.1	30
S. Palanka	20.5	21.9	32.3	27.6	39.7	31.9	64.0	12	83.5	40
S. Mitrovica	4.0	18.1	10.8	26.1	19.1	31.2	35.9	2.5	62.8	20
Niš	13.1	20.0	30.3	24.1	43.3	27.9	67.3	100	84.0	50
									96.8	80
									100.1	80

Table 2. Statistical significance of May 2014 precipitation totals recorded at select weather stations in Serbia

Weather station	Precipitation total, 1 to 31 May 2014 (mm)	Highest precipitation total on record		Long-term average precipitation total for May	Theoretical May precipitation totals for different probabilities of occurrence p(%)					Statistical significance of recorded May 2014 precipitation totals	
		(mm)	Year		0.1%	1.0%	2.0%	5.0%	10%	P(%)	T(yr)
Novi Sad	201.9	175.7	1987	57.8	211.7	159.5	143.0	120.2	102.0	0.17	588
Loznica	314.6	218.6	1938	79.2	330.0	229.1	200.6	163.8	136.4	0.15	667
Sremska Mitrovica	189.0	184.9	1939	58.4	216.9	167.0	150.0	126.0	106.3	0.35	286
Valjevo	317.6	213.2	1957	80.7	280.5	211.7	190.0	160.3	136.7	0.03	3333
Belgrade	278.5	191.7	1900	67.7	252.2	189.3	169.2	141.5	119.4	0.04	2500
Kragujevac	227.0	169.7	1970	67.8	257.0	198.2	178.0	149.2	125.4	0.30	333
S. Palanka	238.2	164.7	1929	62.1	202.3	161.6	147.2	126.2	108.5	0.02	5000
Zlatibor	195.6	172.5	1956	99.5	217.4	187.8	176.8	160.2	145.6	0.65	154
Požega	199.4	177.9	1980	79.0	258.2	193.7	174.1	147.8	127.2	0.80	125

3. Statistically significant precipitation totals were recorded for rainfall durations of more than 24 hours. For example, the maximum 24-hour rainfalls in Belgrade and Loznica exceeded a 100-year return period, and the return periods reported by Valjevo, Niš and Rimski Šančevi exceeded 70, 50 and 30 years, respectively. The maximum 48-hour precipitation depth was measured at Loznica (exceeding a 1000-year return period), followed by Belgrade and Valjevo (400-years) and Niš (80 years). The return period of the three-day rainfall registered at Belgrade and Valjevo was estimated at 700 years, followed by Loznica (400 years) and Rimski Šančevi (100 years).

4. From a statistical significance perspective, the May 2014 precipitation totals exceeded the return periods identified for the maximum rainfall that caused the disastrous flood in Serbia. A return period of the May precipitation total was 5000 years at Smederevska Palanka, 3333 years at Valjevo and 2500 years at Belgrade. All the other considered MMSs reported monthly precipitation totals in excess of a 100-year return period (from 125 at Požega to 667 years at Loznica).

It can be said that the May 2014 extreme rainfall episodes were characterized by enormous amounts of precipitation, which lasted for a long time and affected a relatively large area. In Serbia, in the catchments of the Jadar and Kolubara rivers and in Mačva, from a statistical-probabilistic perspective, they exceeded a 100-year return period. In the absence of all relevant monitoring data, it was difficult at the time of writing to assess the statistical significance of this exceptional rainfall event in the entire area shared by three countries.

On the contrary to this extreme rainfall, more statistically significant were the monthly precipitation totals recorded at the considered MMSs in Serbia. They resulted in protracted floods in all the previously mentioned catchment areas.

Acknowledgment. This paper draws on the outcomes of Project TR-37005 "Study of Climate Change Impact of Water Resources in Serbia, 2011–2015", of the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development. We thank the Ministry for their assistance

References

1. *Prohaska S.* 2014: Monograph Heavy Rainfall Intensities in Serbia (in Serbian) / S. Prohaska, Bartoš Divac V. et al. – Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources, Belgrade., 2. *Prohaska S.*, 2011: Comprehensive analysis of the pluviometric regime of short-duration heavy rainfall events in Serbia (in Serbian) / Prohaska, S., Kapor, B., Ilić, A., Čatović, S., Marjanović, S., Bartoš Divac, V. and Koprivica, A. – Water and Sanitary Technology, Vol. 41, No. 3-4, 2011., ISSN 0350-5049, pp. 5-14. 3. *Prohaska S.* 2011: Spatial interpolation of selected characteristics of high intensity rainfall in Serbia using GIS technology / Prohaska, S., Ilić, A., Bartoš-Divac, V., Koprivica, A., Čatović, S., Kapor, B., Đukić, D. and Marjanović, S. – XXV Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, 16–17 June 2011, Budapest, Hungary, USB pp. 1-8, Conference Abstracts p. 65. 4. *Prohaska S.* (2014), Osnovne karakteristike jake kiše na teritoriji Srbije koja je prouzrokovala poplavu u maju 2014. godine / Prohaska S., Đukić D., Bartoš Divac V. – Beogradska škola meteorologije, Sveska 7, str. 189-201, ISBN 978-86-904985-9-8, COBISS. RS – ID 208242444. 5. *Prohaska S.* 2014: Karakteristike jakih kiša koje su prouzrokovale čestu špojavu poplava na teritoriji Srbije u periodu april-septembar 2014. godine / Prohaska S., Đukić D., Bartoš Divac V., Todorović N. i Božović N. - Vodoprivreda br. 267-272, 2014/1-6, str 15-26, ISSN 0350-0519, COBISS.SR-ID 1321. 6. *Prohaska S.* 2014: Statistička značajnost mesečnih i maksimanih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina iz perioda april-septembar 2014. godine / Prohaska S., Đukić D., Bartoš Divac V., Todorović N., Božović N. I Anđelković O, - Vodoprivreda br. 267-272, 2014/1-6, str 27-37, ISSN 0350-0519, COBISS.SR-ID 1321.

Оцінка повторюваності інтенсивності опадів, які викликали повінь у травні 2014 року в Сербії

Прохаска Стеван

Повінь в середині травня 2014 року, яке призвело до людських жертв і величезному матеріальному збитку, найбільше з спостережених. Очевидно, що таке повінь була результатом надзвичайно сильних дощів на більшу частину території Сербії, або конкретно на території, прилеглої до річок Дрина, Сава, Західна Морава і Млава. Природа повені показує, що це була комбінація потужних зливових паводків в гористих областях (характеризується дуже швидкодіючим і руйнівною дією), що збіглися в басейнах річок, і великомасштабного повені із затяжними затопленнями річкових долин, які є типовими рівнинними річками.

У статті наведено детальне уявлення про максимальні інтенсивності опадів різної тривалості, які передували катастрофічній повені у зазначеній частині Сербії. Аналіз події складено з використанням офіційних даних щогодинних опадів, записаними основними метеорологічними станціями Національної Гідрометеослужби Сербії. Просторовий розподіл максимальних інтенсивностей опадів у Сербії різних продовжителів показано на картах ізогіст.

Ключові слова: травень 2014 повінь, рясні опади, інтенсивність опадів, тривалість опадів, ймовірність появи, повторюваність, статистична значимість

Оценка повторяемости интенсивности осадков, которые вызвали наводнение в мае 2014 года в Сербии

Прохаска Стеван

Наводнение в середине мая 2014 года, которое привело к человеческим жертвам и огромному материальному ущербу, самое большое из наблюдаемых. Очевидно, что такое наводнение было результатом чрезвычайно сильных дождей на большую часть территории Сербии, или конкретно на территории, прилегающей к рекам Дрина, Савва, Западная Морава и Млава. Природа наводнения показывает, что это была комбинация мощных ливневых паводков в гористых областях (характеризуется очень быстроедействующим и разрушительным действием), что совпали в бассейнах рек, и крупномасштабного наводнения с затяжными затоплениями речных долин, которые являются типичными равнинными реками.

В статье приведено детальное представление о максимальных интенсивностях осадков различной продолжительности, которые предшествовали катастрофическому наводнению в указанной части Сербии. Анализ события составлен с использованием официальных данных ежечасных осадков, записанными основными метеорологическими станциями Национальной Гидрометеослужбы Сербии. Пространственное распределение максимальных интенсивностей осадков в Сербии различных продолжительностей показано на картах изогист.

Ключевые слова: май 2014 наводнение, обильные осадки, интенсивность осадков, продолжительность осадков, вероятность появления, повторяемость, статистическая значимость

Assessment of the return period of the rainfall intensity that caused the may 2014 flood in Serbia

Prohaska Stevan

The flood in mid-May of 2014 caused human casualties and enormous material damage, the greatest on record. It is evident that such a flood was a result of extremely heavy rainfall across the most of Serbia, or specifically the area bordered by the Drina, Sava, Zapadna Morava and Mlava Rivers. The nature of the flood shows that it was a combination of powerful flash floods in mountainous areas (characterized by a very rapid and destructive front), coinciding flash floods within river basins, and large-scale protracted floods that inundated river valleys, which are typical of lowland rivers. Rainfall events likely to cause such a flood pattern exhibit maximum intensities of different rainfall durations.

Detailed presentation of the maximum rainfall intensities of varying durations, which preceded the disastrous flood in the designated part of Serbia is given in this paper. All analyses were compiled using official hourly rainfall data recorded by the main meteorological stations of the National Hydrometeorological Service of Serbia. The assessment of the return periods of the recorded maximum intensities that led to the flood was assessed using also the most recent analyses of heavy rainfall events recorded by all pluviographs at the main meteorological stations, from the time the pluviographs were placed online to the end of 2008. The spatial distribution of maximum rainfall intensities in Serbia, of different durations, is shown on an isohyet map.

The paper concludes with a statistical analysis of May 2014 precipitation totals at the same locations. These totals were analyzed in parallel with the extremes registered since each of the main meteorological stations was commissioned. The May 2014 precipitation totals were compared to the highest levels on record, then to long-term averages, and finally to the theoretical precipitation levels in May for different probabilities of occurrence. A return period was determined for each recorded May 2014 precipitation total.

Keywords: May 2014 flood, heavy rainfall, rainfall intensity, rainfall duration, probability of occurrence, return period, statistical significance.

Надійшла до редколегії 29.06.2015

УДК 556.167.6

Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Бойко В.М., Адаменко Т.І.

Український гідрометеорологічний центр

ГІДРОЛОГІЧНА ПОСУХА 2015 РОКУ В УКРАЇНІ: ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ, ПЕРЕБІГ ТА МОЖЛИВІ НАСЛІДКИ

Ключові слова: посушливі явища, гідрологічна посуха, причини формування

Вступ. Український Гідрометцентр та обласні гідрометеорологічні організації, виконуючи оцінку поточної водності річок країни, вже з кінця липня почали інформувати водогосподарські, гідроенергетичні організації та інших споживачів про складну гідрологічну ситуацію та загрозу формування низької водності у меженний період 2015 р. Починаючи з серпня поточного року у звітах про водогосподарську обстановку басейнових та обласних управлінь водних ресурсів Держводагентства України з'явилася інформація про ускладнення гідрометеорологічної обстановки та можливі негативні наслідки цього для роботи водогосподарського комплексу. Жарка, зі значним дефіцитом опадів погода в більшості областей України протягом літнього сезону сприяла суттєвому зменшенню водності річок та припливу до водосховищ. Особливо складна і небезпечна ситуація склалася й триває на Київському, Канівському і Дністровському водосховищах, до яких упродовж усього меженного періоду відмічається найменший за період їх експлуатації приплив води. Такі обставини зумовили необхідність зменшення скидів води до мінімальних санітарно-екологічних величин та значне спрацювання Дніпровського каскаду і Дністровського водосховища. Гідрологічна ситуація на більшості водних об'єктів України залишається вкрай несприятливою. Триває низька і дуже низька за рівнями і витратами води літньо-осіння межень, яка по багатьох річках України може стати найнижчою за весь період регулярних спостережень. На значній території України ми спостерігаємо небезпечну гідрологічну ситуацію природного характеру – *маловоддя* або *гідрологічну посуху*.

Виклад основного матеріалу. Посушливі явища зумовлені складним комплексом геофізичних і біофізичних процесів, що виникають на деякій території протягом досить тривалого часу. *Атмосферною* посухою у місцевості з помірним кліматом є стан атмосфери з тривалим бездощів'ям, істотним зменшенням опадів, що супроводжується підвищеною інсоляцією та високою температурою повітря. Атмосферна посуха за певної тривалості зумовлює *ґрунтову*

(сільськогосподарську) посуху. Характерною особливістю її є невідповідність між вологопотребою рослин та умовами їх вологозабезпечення [1]. Поєднання атмосферної та ґрунтової посухи сприяє виникненню *гідрологічної* посухи.

За визначенням Всесвітньої метеорологічної організації (1992 р.) «гідрологічна посуха є досить тривалим періодом сухої погоди, який викликає нестачу споживання води через зменшення стоку (нижче встановлених норм) та зменшення вмісту вологи в ґрунті й зростання глибини залягання дзеркала ґрунтових вод. Гідрологічна посуха може тривати більше одного року і захоплювати більше одного водозбору, вона зазвичай настає з запізненням по відношенню до метеорологічної та ґрунтової посух» [2].

Посуха найбільше впливає на характеристики мінімального стоку, оскільки за умов довготривалої відсутності опадів стік річок формується лише за рахунок надходження до русла підземних вод з водоносних горизонтів.

У свою чергу, запаси підземних вод, які живлять річку у період межені, за наявності метеорологічної та ґрунтової посух також виснажуються, що призводить до її пересихання. В основу більшості досліджень покладено уявлення про мінімальний стік як про показник дефіциту води відносно якогось заданого "порогового" значення витрати, що отримало поширення в зарубіжній літературі [3, 4]. Такими показниками дефіциту води можуть слугувати дані про тривалість пересихання річок, тривалість стояння заданої витрати води, такі характеристики мінімального стоку як мінімальний середній місячний стік, мінімальний добовий стік, їх середні багаторічні витрати або витрати заданої забезпеченості (найчастіше використовуються мінімальні місячні витрати води забезпеченістю 75-95%).

Особливістю посухи 2015 р. в Україні є поєднання трьох її видів - атмосферної, ґрунтової (сільськогосподарської) та гідрологічної, що надалі може мати негативні соціально-економічні наслідки, особливо небезпечні й довготривалі з них пов'язані з гідрологічною посухою.

Гідрологічна посуха (маловоддя) у цьому році сформувалася на фоні попередньої низької водності весняного періоду в умовах тривалого періоду сухої та жаркої погоди літнього сезону. Але передумови такої ситуації були закладені ще восени минулого 2014 року.

Осінній сезон 2014 р. Осіння межінь на всіх річках країни (крім української частини Дунаю) характеризувалася низькими рівнями і витратами води. На ряді карпатських річок (у створах 17 постів) рівні води досягали і знижувалися нижче мінімальних багаторічних значень. У вересні-жовтні 2014 р. критерії маловоддя досягалися на р. Сула у створі поста Лубни. Середня місячна витрата в створі поста у жовтні дорівнювала 0,92 м³/с (8% норми). Така ситуація була обумовлена малою кількістю опадів осіннього сезону 2014 року, яка на більшій частині території України становила 40-70 % норми (рис.1, табл.1).

Недостатнє зволоження водозборів через меншу від норми кількість опадів впродовж осіннього сезону викликало зменшення запасів вологи у верхньому шарі ґрунту та зниження горизонтів залягання ґрунтових вод на більшій частині території країни (табл.2).

У вересні-грудні 2014 р. сформувався низький приплив води до Київського водосховища із середніми витратами 55-65% норми і 80-90 % забезпеченості (переважали витрати 400-420 м³/с). У середньому за жовтень він дорівнював 412 м³/с; за період існування Київського водосховища (з 1965 р.) меншим був лише приплив за жовтень 1966 і 1967 рр., близьким - у 1973, 1975, 1992 та 2002 рр.

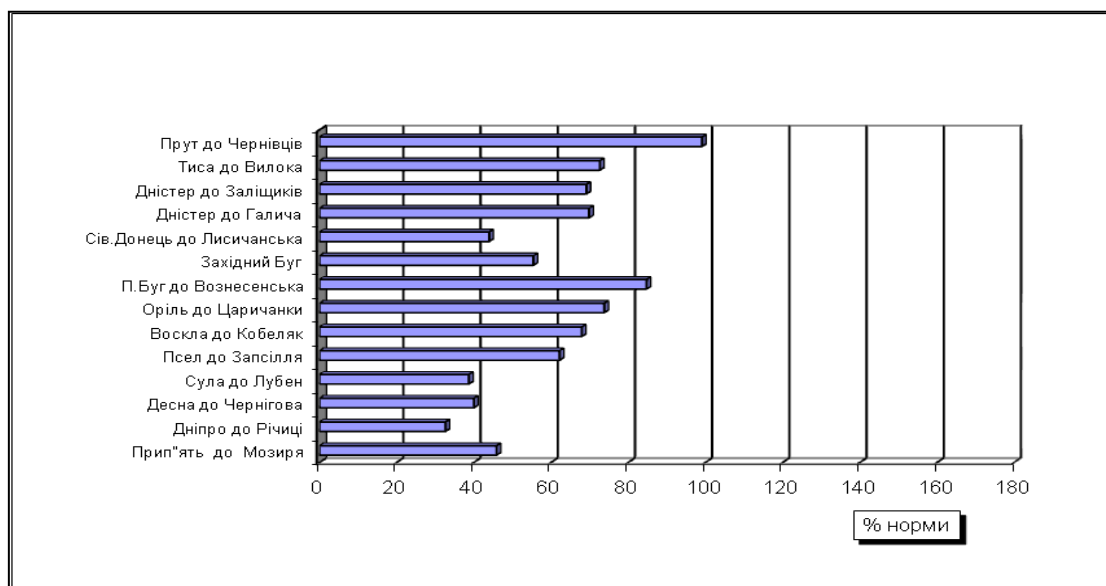


Рис. 1. Середні по басейнах річок суми опадів осіннього сезону, 2014 р., в % від норми

Таблиця 1. Середні по басейнах річок сезонні суми опадів, 2014-2015 рр., в % від норми

Назва басейну	Сезон			
	Осінь 2014	Зима 2014-2015	Весна 2015	Літо 2015
Прип'ять до Мозиря	46	95	103	38
Дніпро до Річиці	33	110	95	52
Десна до Чернігова	40	94	115	65
Сула до Лубен	39	86	133	69
Псел до Запсілля	62	96	130	80
Воскла до Кобеляк	68	93	124	107
Оріль до Царичанки	74	91	174	86
Південний Буг до Вознесенська	85	94	98	41
Західний Буг до Кам'янки Бузької	55	71	109	52
Сів. Донець до Лисичанська	44	106	140	81
Дністер до Галича	70	83	116	46
Дністер до Заліщиків	69	77	109	46
Тиса до Вилока	73	74	105	45
Прут до Чернівців	99	79	120	61

У листопаді і першій половині грудні приплив до водосховища продовжував зменшуватися і в середньому за ці місяці дорівнював, відповідно, 393 та 387 м³/с. Середній за листопад 2014 р. приплив став найменшим за період експлуатації Київського водосховища; до цього найменшим був приплив за листопад 1983 р. (425 м³/с). Приплив за грудень був меншим лише у грудні 1967 р. (320 м³/с). Бічний приплив до решти дніпровських водосховищ у жовтні – листопаді становив 62 -64 % норми.

**Таблиця 2. Глибина залягання ґрунтових вод від поверхні ґрунту (см)
по окремих станціях на кінець місяця**

Станція	2014					2015								
	≡	⋈	×	⌘	≡	–	=	≡	≥	>	≥	≡	≡	⋈
Лубни	578	589	595	596	600	603	584	551	531	531	543	541	576	591
Комсо-мольське	626	697	643	645	649	654	647	647	642	630	636	641	656	663
Шепетівка	625	667	694	718	720	709	725	723	730	747	782	817	850	859
Жашків	508	597	550	559	565	541	542	513	495	510	536	568	600	627
Любешів	435	446	454	463	476	468	471	471	477	474	479	489	497	497
Овруч	881	882	886	888	897	901	904	915	911	922	931	946	957	967
Долина	157	168	153	160	159	151	149	146	151	138	156	181	211	210
Коломия	526	560	560	556	552	529	535	539	521	571	571	528	568	575
Дубно	410	415	425	440	437	430	430	430	427	425	437	455	500	505
Ніжин	259	297	318	327	331	330	298	279	263	264	283	303	342	365
Міжгір'я	690	695	670	725	695	645	700	685	700	670	685	715	725	720
Нижній Студений	214	295	225	287	296	128	212	233	224	178	262	307	345	369

Отже, стійкий дефіцит опадів у жовтні – листопаді практично в усіх річкових басейнах України визначив низьку водність річок (переважно у межах 40-60% норми) та недостатнє зволоження метрового шару ґрунту на кінець осені.

Зимовий сезон 2014 – 2015 рр. Значна мінливість погодних умов взимку 2014 - 2015 рр. - нестабільний температурний режим (табл.3), чергування коротких морозних періодів та більш тривалих періодів з відлигами і позитивними температурами повітря, зумовила нестійкий характер снігового покриву, неглибоке промерзання ґрунту і поповнення запасів вологи у ньому під час відлиг.

Порівняно із попереднім сухим осіннім періодом взимку відбулося збільшення кількості опадів (табл.1). Зокрема, за період з 1 грудня 2014 р. до 18 лютого 2015 р. (коли на більшій частині території країни відбувся перехід температури через 0°C в бік позитивних значень) майже у всіх басейнах випало близько кліматичної норми опадів. Їх кількість в середньому у басейнах річок дорівнювала 90 – 130 мм опадів; у басейнах Сіверського Дінця, річок Приазов'я 140-155; річок Закарпаття 145-200 мм. Дещо менше норми випало опадів лише у басейнах Західного Бугу, Росі та верхній частині басейну Південного Бугу (70-85 мм).

Проте періоди морозної погоди не супроводжувалися ефективними опадами, що визначило нестабільне й незначне снігонакопичення (табл.4).

Сніговий покрив упродовж холодного періоду неодноразово утворювався, танув (зменшувався) і знову відновлювався. Висота снігового покриву і запаси води у ньому були меншими за норму на дати всіх снігозйомок і значно меншими за норму максимальних снігозапасів, що формують середнє весняне водопілля.

Максимальні за зиму 2014-2015 рр. снігозапаси відмічалися переважно другій половині січня-першій половині лютого 2015 року. Станом на 10 лютого висота

Таблиця 3. Відхилення середньої місячної температури повітря від кліматичної норми по басейнах річок, 2014-2015 рр., в °С

Назва басейну	2014												2015				
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Дніпро до Річиці	1,0	-0,6	0,1	0,9	4,9	4,6	5,0	0,5	-0,1	0,9	0,1	2,9	2,6				
Прип'ять до Мозиря	1,1	0,5	0,4	1,3	-4,7	3,6	4,1	0,0	-0,2	1,3	1,1	3,8	2,8				
Десна до Чернігова	0,8	-1,3	-0,3	1,0	3,9	4,0	4,1	-0,1	0,8	1,0	0,4	1,5	3,4				
Сула до Лубен	1,1	-1,1	0,2	0,7	4,7	3,8	4,6	0,7	0,9	1,1	1,3	2,5	4,0				
Псел до Запсілля	0,6	-1,8	-0,6	0,5	4,2	2,8	3,8	0,2	0,5	1,6	0,9	1,6	3,7				
Ворскла до Кобеляк	0,9	-1,1	-0,6	0,4	4,1	3,1	3,9	0,0	0,6	1,7	0,8	1,7	4,3				
Оріль до Царичанки	1,1	-0,8	-0,8	0,1	3,3	3,6	3,7	-0,1	0,6	1,8	1,1	2,1	4,8				
Півд. Буг до Вознесенська	1,3	-0,6	-0,2	0,5	4,4	3,4	3,9	0,5	1,1	1,9	2,6	3,4	4,0				
Зах. Буг до Кам'янки Бузької	1,4	1,7	1,5	2,3	5,0	3,8	3,3	0,3	0,0	1,3	2,3	4,5	2,4				
Сів. Донець до Лисичанська	1,4	-1,3	-1,4	0,2	2,8	2,7	3,2	-0,1	1,1	3,0	1,9	2,7	4,9				
Дністер до Галича	1,1	1,4	1,6	2,3	4,5	3,1	2,5	0,2	0,3	1,4	2,3	3,9	2,3				
Дністер до Заліщиків	1,1	1,2	1,3	2,3	4,7	3,1	2,6	0,2	0,3	1,4	2,3	4,0	2,4				
Тиса до Вилока	1,5	2,1	1,4	2,8	3,9	1,8	2,1	-0,5	0,9	1,6	2,6	3,8	2,9				
Прут до Чернівців	1,1	0,7	0,6	1,9	4,5	2,7	2,3	0,2	1,0	1,4	2,7	3,5	2,8				

Таблиця 4. Середні по басейнах річок запаси води у сніговому покриві, зима 2014-2015 рр., в % від норми

Назва басейну	2014												2015				
	30.11	10.12	20.12	31.12	10.1	20.1	31.1	10.2	20.2	28.2	10.3	20.3	31.3				
Дніпро до Річиці	0	8	0	27	45	18	62	41	30	15	17	0	0				
Прип'ять до Мозиря	17	33	0	18	27	6	0	22	0	0	0	0	0				
Десна до Чернігова	33	10	0	20	37	21	26	44	38	12	0	0	0				
Сула до Лубен			0	0	36	21	0	55	47	0	0						
Псел до Запсілля			0	67	94	29	127	162	154	72	0						
Ворскла до Кобеляк			0	150	139	45	35	100	88	27							
Оріль до Царичанки						150	95	14	17	0							
Півд. Буг до Вознесенська			0	60	82	0	0	21	11	0	0						
Зах. Буг до Кам'янки Бузької		25	0	24	20	0	0	21	0	0							
Сів. Донець до Лисичанська			0	388	250	145	125	56	41	11	0	0					
Дністер до Галича		73	0	35	56	9	0	44	20	0	0						
Дністер до Заліщиків		73	0	32	53	10	0	42	18	0	0						
Тиса до Вилока		40	30	38	109	98	49	54	41	22	32	26					
Прут до Чернівців			21	78	53	23	12	36	20	0	0						

снігового покриву на більшій частині території України не перевищувала 10 см, а запаси води у ньому 1-17 мм. Лише у басейнах Сіверського Дінця, Сули, Псла, Ворскли снігозапаси дорівнювали 20-60 мм, у гірських частинах водозборів річок Карпат 30-86 мм.

Станом на 20 лютого на півдні та західній частині країни (крім Карпат) сніговий покрив практично розтанув, у центрі та на лівобережжі його висота дорівнювала, переважно, 5-10 см, а снігозапаси – 20 -30 мм. До 10 березня сніговий покрив (включно й за межами держави) повністю розтанув, залишаючись лише у Карпатах.

Значно меншими за середні показники упродовж всього зимового періоду були й запаси у сніговому покриві у басейні Дніпра до Києва (рис. 2). Їх максимуми відмічалися у ранні строки - 10 лютого (у басейні Сожу 15 лютого) і дорівнювали (у мм і відсотках норми максимальних снігозапасів, що формують весняне водопілля):

- Дніпро до Річиці 18 мм – 27%,
- Сож до Гомеля 10 мм – 15%,
- Прип'ять до Мозиря 5 мм – 13%,
- Десна до Чернігова 19 мм – 30%
- Дніпро до Києва 12 мм – 23%

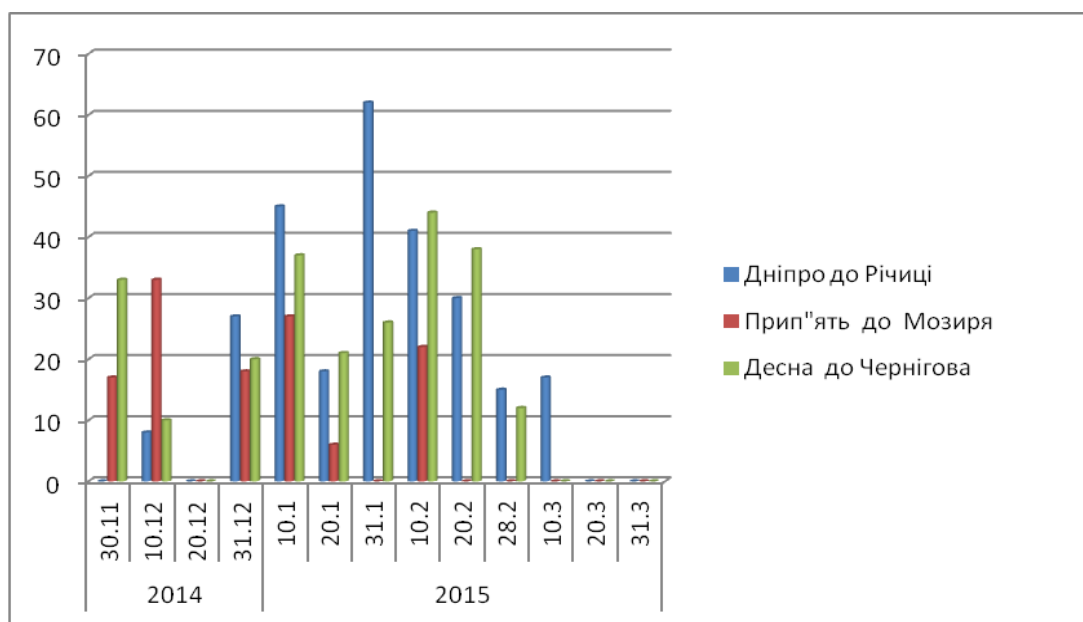


Рис. 2. Середні по окремих басейнах запаси води у сніговому покриві, зима 2014-2015 рр., в % від норми

Глибина промерзання ґрунту була менша за середні показники і переважно дорівнювала 5-10 см. Більш глибоким – до 20-40 см – було промерзання лише на північному сході країни у басейнах Десни, Сули, Псла та на окремих ділянках правобережжя Прип'яті. У басейнах Верхнього Дніпра і Десни за межами України промерзання ґрунту досягало глибини 30-70 см.

Внаслідок зимових відлиг відбулося суттєве поповнення запасів вологи у метровому шарі ґрунту. За визначеннями станом на 10 лютого вони переважно дорівнювали 140-200 мм, що близько до середніх багаторічних показників.

Взимку водність річок, внаслідок відлиг підвищилася, порівняно з осінньою межею, але залишалася пониженою. Лише витрати Дунаю і річок карпатського регіону були у межах середніх багаторічних значень.

Весняний сезон 2015 р. Формування весняного стоку відбувалося повільно, з незначною добовою амплітудою росту рівнів води, внаслідок малоінтенсивного танення незначних снігозапасів. За період сніготанення (20 лютого – 10 березня) у басейнах рівнинних річок випало переважно 10-20 мм (близько до норми), у басейнах річок Карпат 20-40 мм (норма і дещо більше неї). В таких умовах танення фактичний стан підстильної поверхні не мав істотного впливу на формування поверхневого стоку.

В результаті поєднання таких несприятливих умов весняний сезон 2015 р. практично на всіх річках України виявився маловодним з дуже низькими максимальними рівнями і витратами води (табл. 5). У гідрографах рівнинних річок відмічалось по кілька періодів підйомів і спадів у березні-квітні з близькими максимумами.

Таблиця 5. Середні місячні витрати води по окремих гідрологічних постах, 2014-2015 рр., в % від норми

Річка	Пост	2014					2015								
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Прип'ять	Мозир	72	79	70	57	65	74	138	69	26	29	38	35	28	26
Дніпро	Річиця	63	75	69	67	83	92	107	109	33	31	51	45	40	47
Десна	Чернігів	61	61	64	60	60	80	102	84	28	25	47	55	48	49
Сула	Лубни	21	12	8	7	7	8	6	25	20	37	61	69	56	23
Псел	Запсілля	42	40	72	68	41	64	78	56	24	38	60	70	68	43
Ворскла	Кобеляки	52	39	68	68	64	58	85	54	40	76	71	53	46	38
Оріль	Цари-чанка	34	34	28	24	25	34	25	31	28	112	180	90	41	30
Сів. Донець	Ізюм	84	86	91	90	76	69	95	45	28	80	83	102	98	86
Півд. Буг	Олександрівка	39	45	105	101	72	70	61	26	28	46	26	27	26	14
Західний Буг	Кам'янка Бузька	71	94	95	68	76	95	72	49	54	89	83	78	77	92
Прут	Чернівці	76	54	132	76	98	107	66	102	79	62	48	29	27	35
Тиса	Вилок	79	56	106	35	49	104	56	61	65	88	52	33	30	33
Дністер	Заліщики	104	61	78	55	54	99	63	64	47	96	58	26	21	23

За абсолютними значеннями найвищі рівні водопілля 2015 р. були значно нижчими за середні багаторічні значення та близькими до найнижчих максимумів за період спостереження. Максимальні витрати водопілля основних річок України відповідали витратам 95-99 % забезпеченості.

Одним із найбільш маловодних у багаторічному розрізі виявився весняний період 2015 р. у басейні Дніпра. Максимуми рівнів і витрат сформувалися на місяць раніше нормальних строків і були близькими до екстремально низьких та нижчими за них. Об'єми весняного припливу до водосховищ каскаду були у межах 20-40% норми при ранніх строках завершення водопілля.

Найбільший вільний об'єм дніпровського каскаду відмічався 18-19 лютого величиною 6,808 км³. Після отримання першого прогнозу характеристик весняного стоку від УкрГМЦ 20 лютого розпочалося його наповнення (на місяць раніше звичайних строків). Для заповнення каскаду в умовах дуже низької прогнозованої і

фактичної водності, значно зменшували скиди з Кременчуцького водосховища переважали скиди 280-300 м³/с. Скиди з Каховського водосховища у лютому-травні були переважно у межах 500-550 м³/с. Завдяки завчасному і постійному інформуванню про низьку водність весняного періоду і оптимально встановленому режиму роботи каскаду він поступово заповнювався. Станом на 5 червня вільний об'єм скоротився до 0,563 км³, після чого розпочалося його збільшення.

Нижчим за середні показники у лютому - травні був приплив до Дністровського водосховища, середні місячні витрати були у межах 45-60% норми. Станом на 1 червня вільний об'єм водосховища становив 0,375 км³.

Отже, у весняний сезон 2015 р. несприятливими для функціонування господарського комплексу України була низька і екстремально низька водність річок, особливо великих і середніх, стік яких визначає приплив і режими роботи основних водосховищ України.

Літньо-осінній період 2015 р. Особливістю погодних умов літнього сезону був нехарактерний для території України розподіл опадів, що мало прямий вплив на особливості водного режиму річок різних річкових басейнів. Найбільший дефіцит опадів відмічався в областях традиційно достатнього та нестійкого зволоження - західний Лісостеп та Полісся. Найбільш посушливими стали Житомирська, Волинська, Рівненська, Тернопільська, Київська, Хмельницька, Вінницька та Закарпатська області, де за період квітень-серпень середня кількість опадів склала лише 37-60% норми. В областях східного Лісостепу та Степу за цей період кількість опадів виявилася близькою до норми - 80-120 %. Дані про середню кількість опадів літнього періоду (червень-серпень) в областях наведено на рис. 3.

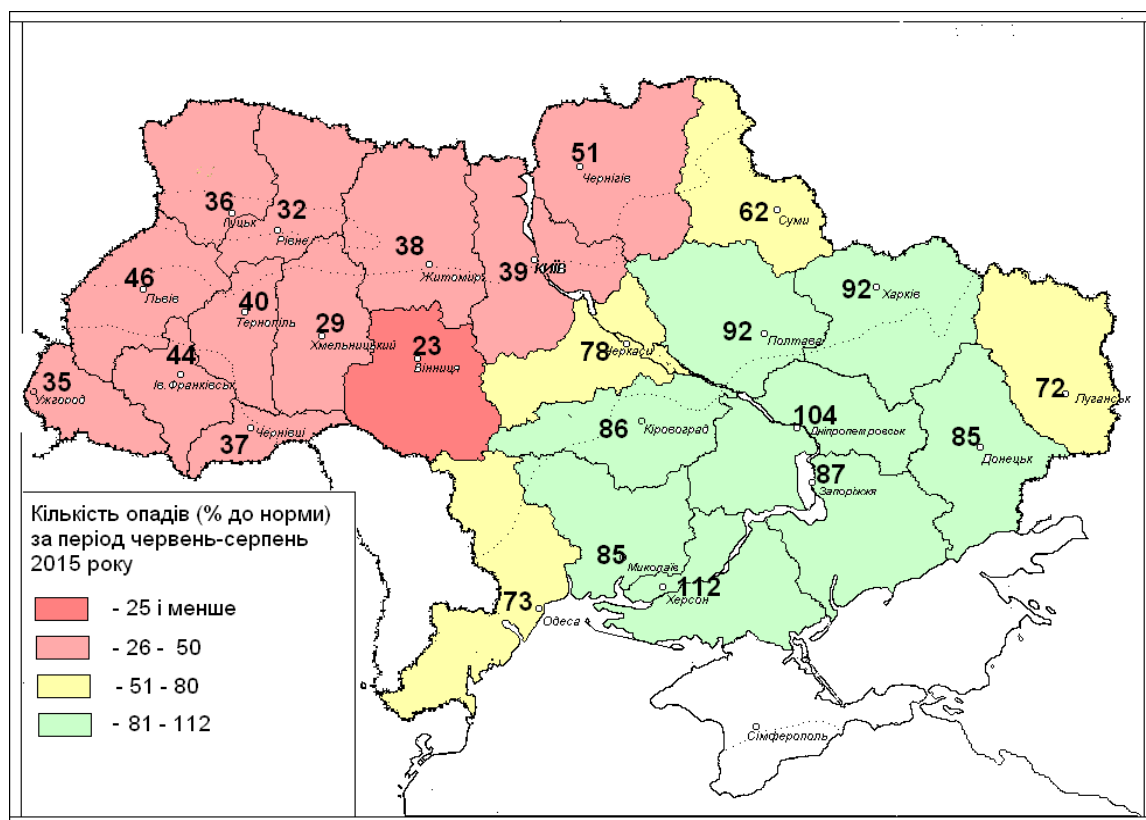


Рис. 3. Кількість опадів (% до норми) по областях України за період червень-серпень 2015 р. (за даними Українського гідрометцентру)

Ситуація значно погіршилася у липні – серпні, коли на фоні майже сухої погоди відмічалися тривалі хвилі тепла із температурами повітря +34...+39°C по всій території країни, як на півночі, так і на півдні упродовж 10-20 днів. Спостерігалася велика кількість днів із суховіями різної інтенсивності не тільки у традиційних для цього явища південно-східних областях, а й у західних та північних, де це явище відмічається дуже рідко. Середня місячна температура повітря у серпні по окремих річкових басейнах України перевищила кліматичну норму на 1,5 - 4,5 °C (табл.3). Найбільше перевищення спостерігалось у західній частині країни (басейни Тиси, Дністра, Західного Бугу, верхня частина басейну Прип'яті).

Такі умови призвели до виникнення спочатку повітряної посухи, надалі до небезпечного поєднання її із ґрунтовою. Упродовж червня - серпня відбувалося невпинне значне зниження запасів ґрунтових вод (табл.2), місцями до повного висихання свердловин та колодязів.

Тривалий період сухої та жаркої погоди призвів до виникнення гідрологічної посухи: у липні-серпні сформувалася низька (за рівнями і витратами води) літня межень, яка на більшості річок Правобережжя (крім Дунаю) і північного сходу України набула ознак небезпечної ситуації природного характеру чи наближалася до неї.

Станом на кінець серпня критерії маловоддя (середня витрата води менше 20% серпневої норми) були практично досягнуті (або наближалися до них) у верхів'ях Прип'яті та більшості її приток у Волинській, Львівській, частково Рівненській областях; на окремих ділянках Західного Бугу та його притоках; на більшості річок Закарпаття; у басейнах Дністра (до кордону з Молдовою), Пруту, Сирету, Росі, Тетерева, Десни, Південного Бугу і Інгулу, на малих річках Харківщини (у верхів'ях Сіверського Дінця).

У першій декаді вересня маловоддя почало поширюватися на ліві притоки Середнього Дніпра (річки Сула, Ворскла, Оріль). При цьому витрати води, близькі й менші за 20% вересневої норми (критерії маловоддя), відмічалися на Прип'яті та її притоках (20-36%), притоках Середнього Дніпра - Росі, Сулі, Ворсклі, Орелі (23-33%), Південному Бузі і його притоках (12-20%), на річках Карпат (16-35%), малих річках Харківської області (4-19%) – табл.5.

Незважаючи на сезонне зниження температури повітря та опади, що випали протягом жовтня, тенденція щодо збереження низької водності на річках країни зберігається. Станом на початок листопада, на багатьох ділянках річок рівні води залишаються на відмітках, близьких до найнижчих за період спостережень. Рівні води утримуються нижчими за свої мінімальні багаторічні значення на окремих притоках Дністра, у верхів'ї Дністровського водосховища, на окремих ділянках Тиси та її притоках Тересва і Косівська; у пониззі Прип'яті та у верхів'ях її приток Турія, Стир, Горинь, Случ, на Верхньому Дніпрі на території Білорусі, у верхів'ях Десни (територія Росії) та на її притоці Івотка (Чернігівська обл.).

Гідрологічна посуха 2015 р., окрім загального зниження водності річок, проявляється в інтенсивному розвитку водної рослинності, у значному заростанні русел, виникненні ділянок стоячої води, пересиханні малих річок, що, перш за все, негативно впливає на водні екосистеми і екологічну ситуацію загалом.

Негативною складовою цьогорічного маловоддя є формування дуже низької водності також на Верхньому Дніпрі, Десні та Прип'яті поза межами України. Одночасне поєднання низької водності малих і середніх річках України та на річках басейну Верхнього Дніпра за її межами спостерігається вперше як за територією прояву, так і за тривалістю.

Якщо згадати меженний період 2009 р., який також характеризувався низькою водністю практично усіх річок, стік яких формується в Україні, то приплив води до дніпровського каскаду по Прип'яті, Верхньому Дніпру і Десні був близьким до середніх показників і вищим за них. Це дозволило тоді уникнути передчасного спрацювання каскаду, забезпечити нормальні скиди води з водосховищ та потреби у воді населення і галузей економіки.

Нині ж на Київському та Канівському водосховищах залишається складна ситуація; приплив води до них відмічається найменший за період їх експлуатації (відповідно – з 1965 та 1973 рр.). Аналогічні до цього річних витрати води Дніпра у створі поста Київ за весь період спостережень (з 1881 р.) відмічалися лише у 1921 р. Тобто, поточна водність Дніпра може оцінюватися як дуже рідкої повторюваності (1 раз на 100 років).

Такі обставини зумовили зменшення скидів води з водосховищ до мінімальних санітарно-екологічних величин та значне спрацювання дніпровського каскаду. Вільний об'єм дніпровського каскаду на кінець вересня досяг $5,052 \text{ км}^3$, на початок листопада - $5,759 \text{ км}^3$; у минулі роки на цей період він не перевищував $2,5\text{-}3,5 \text{ км}^3$.

Аналогічна ситуація спостерігається і на Дністровському водосховищі. На початок листопада воно спрацьоване до відмітки 113,61 м БС при проектній позначці 121,0 м БС. Об'єм водосховища станом на 1 листопада – 2051 млн. м^3 ; вільний об'єм при цьому становить $952,3 \text{ млн. м}^3$.

Можливі наслідки. За довгостроковим прогнозом Українського гідрометеорологічного центра [5] у листопаді 2015 року очікується збереження значно нижчого за норму припливу води до дніпровських і Дністровського водосховищ, що зумовлюватиме подальше збереження середніх добових скидів води з них, близьких до мінімальних санітарно-екологічних значень. Середній за листопад приплив води прогнозується (у $\text{м}^3/\text{с}$ та відсотках норми за серединою прогнозованого інтервалу): до Київського 310-350 (44 %), Канівського (бічний приплив по р. Десна) 100-120 (50 %), до Дністровського 50-100 (40 %).

Враховуючи важливість водних ресурсів (особливо Дніпра і Дністра), для економіки і населення, тривала гідрологічна посуха надалі може мати надзвичайні й довготривалі негативні наслідки для секторів економіки, залежних від водного фактору. Зокрема, ускладнюватиметься діяльність водогосподарського, енергетичного комплексу, об'єктів комунального, рибного господарств, водозабір поверхневих вод для виробничих і соціальних потреб через зменшення доступних водних ресурсів, погіршуватиметься екологічна ситуація на водних об'єктах тощо.

В разі відсутності нормального снігонакопичення взимку та беручи до уваги тенденції щодо загального потепління зимового періоду і зменшення його тривалості впродовж останніх десятиріч, несприятлива та складна гідрологічна ситуація у басейнах основних річок країни може зберегтися й у зимово-весняний період. Це може ще більше загострити негативні впливи на різні сектори економіки.

Список літератури

1. *Клімат України* / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.;
2. *Международный гидрологический словарь*. – 2-е изд. – Женева: ВМО, 1992. – 414 с.;
3. *Dracup, J. A. On the definition of droughts* / J. A. Dracup, K. S. Lee, E. G. Jr. Paulson // *Water Resour. Res.* – 1980, 16(2). – P.297-302;
4. *Feyen L. Impact of global warming on streamflow drought in Europe* / L. Feyen, R. Dankers. – *J Geophys Res.* 2009. – V.114, – P. 116-117;
5. http://meteo.gov.ua/ua/33345/hydrology/hydr_month_review.

Гідрологічна посуха 2015 року в Україні: чинники формування, перебіг та можливі наслідки

Гребінь В.В., Бойко В.М., Адаменко Т.І.

У статті надано детальний аналіз причин формування небезпечної гідрологічної ситуації природного характеру – маловоддя або гідрологічної посухи, що сформувалася на річках України. Розглянуто зміни складових водно-теплогового балансу території країни за період від вересня 2014 р. до жовтня 2015 р. як передумову формування маловоддя. Висвітлено можливі наслідки гідрологічної посухи для функціонування водогосподарського комплексу країни.

Ключові слова: посушливі явища, гідрологічна посуха, причини формування.

Гидрологическая засуха 2015 года в Украине: причины формирования, ход и возможные последствия

Гребень В.В., Бойко В.М., Адаменко Т.И.

В статье дан детальный анализ причин формирования опасной гидрологической ситуации природного характера – маловодья или гидрологической засухи, что сформировалась на реках Украины. Рассмотрены изменения составляющих водно-теплогового баланса территории страны за период с сентября 2014 г. до октября 2015 г. как первопричину формирования маловодья. Освещены возможные последствия засухи для функционирования водохозяйственного комплекса страны.

Ключевые слова: засушливые явления, гидрологическая засуха, причины формирования.

Hydrological drought in 2015 in Ukraine: reasons of the formation, course and possible consequences

Grebin' V., Bojko V., Adamenko T.

The article provides a detailed analysis of the reasons of the formation of dangerous hydrological situation of natural character - water shortage or hydrological drought that had formed on the rivers of Ukraine. We have studied changes in the components of water-thermal balance of the country for the period September 2014 through October 2015 as the root cause of the formation of a water shortage. We have demonstrated the possible consequences of the drought for the functioning of the water management complex of the country.

Keywords: arid phenomena, hydrological droughts, the reasons of the formation.

Надійшла до редколегії 03.10.2015

УДК 556.531.4 (282.247.32)

Осипенко В. П., Евтух Т. В.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКИ ЛЫБЕДИ – ПРАВОГО ПРИТОКА ДНЕПРА

Ключевые слова: река Лыбедь, гуминовые кислоты; фульвокислоты; углеводы; белковоподобные вещества; сезонная динамика

Актуальность проблемы. В настоящее время городские водоемы и водотоки часто используются не только как источник питьевой и технической воды, но и как средство утилизации ливневых и сточных вод бытового и промышленного происхождения. Их поверхностный сток с территории города осуществляется сетью коллекторов сливной канализации, что приводит к постоянному загрязнению этих водных объектов [10]. Типичным примером такой экологической ситуации может служить река Лыбедь, которая является правым притоком Днепра и протекает в юго-западной части Киева. Ее длина составляет 16,0 км, площадь водосбора – 66,2 км². Во второй половине прошлого века почти всюду по течению русло реки было очищено, спрямлено и заключено в железобетонный желоб шириной от 0,5 до 4,0 м, а местами – в закрытую подземную трубу. Только небольшой участок в низовье реки перед ее впадением в Днепр остался в природных песчаных берегах. Зимой Лыбедь не замерзает и, в свою очередь, питается ручьями и притоками, большинство из которых также взяты в закрытые коллекторы. Постоянный сток имеет только правый ее приток – Совка [4].

По оценкам экспертов, общее качество воды в Лыбеди в три–пять раз хуже, чем в Днепре, что характерно для рек, протекающих через большие индустриальные центры [7, 14]. Вклад органической составляющей городских сточных вод в их загрязнение очень велик, однако растворенные органические вещества (РОВ) р. Лыбеди практически не исследованы [15]. В экологическом аспекте они являются не только санитарно-гигиеническими показателями качества воды, но и критериями функционирования гидробиоценозов, биологические процессы в которых происходят с одновременным поглощением и выделением органических соединений. Тот факт, что р. Лыбедь впадает в Днепр, а водные ресурсы его бассейна составляют около $\frac{3}{4}$ водных ресурсов Украины, делает вопрос экологической ситуации реки очень острым.

Целью данной работы было изучение динамики общего содержания РОВ и некоторых их компонентов – гуминовых и фульвокислот (ГК и ФК), углеводов (У) и белковоподобных веществ (БПВ) – во взаимосвязи с такими гидрохимическими показателями, как рН и концентрация растворенного кислорода, в воде р. Лыбеди.

Материалы и методы исследований. Точками отбора воды в р. Лыбеди были: место до впадения в нее р. Совки (участок 1) и место после впадения р. Совки (участок 2). Оба участка находятся в нижней по течению части Лыбеди – районе Лыбедской площади. Здесь река протекает по железобетонному

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

коллектору и аккумулирует промышленные сточные воды не только прилегающих предприятий и железнодорожной инфраструктуры, но и все загрязнения с расположенной выше центральной части города. Пробы воды для исследования общих гидрохимических показателей отбирали ежемесячно, а для изучения компонентного состава РОВ посезонно – в январе, апреле, июле и октябре 2014 г. Для отделения взвешенного вещества от фракции РОВ использовали мембранные фильтры “Synpor” (Чехия) с диаметром пор 0,4 мкм. В фильтрате определяли рН, концентрацию растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом, перманганатную и бихроматную окисляемости воды (ПО и БО) [8]. Для изучения компонентного состава РОВ методом ионообменной хроматографии использовали ДЭАЭ-целлюлозу и КМ-целлюлозу, в результате чего получали три фракции растворенных органических соединений: анионную, катионную и нейтральную [13]. В анионной фракции исследовали ГК и ФК, в катионной – БПВ, а в нейтральной – У. ГК и ФК определяли спектрофотометрически по их собственной окраске [11], БПВ – методом Фолина-Лоури [6], У – с помощью антрона [12]. Более детально все методы описаны нами ранее [3].

Результаты исследований и их обсуждение. Как было отмечено, содержание и динамика концентрации РОВ в воде служат важными гидрохимическими показателями состояния водной среды. К абиотическим факторам, которые в значительной мере влияют на общее содержание и компонентный состав РОВ, относятся активная реакция водной среды (рН) и концентрация растворенного в воде кислорода. Наблюдения за изменением величины рН показали, что она колебалась в пределах 7,4–8,3. Причем, самые низкие показатели рН отмечали в весенне-летний период, а самые высокие – в осенне-зимний (табл. 1), что отличается от внутригодовой динамики рН воды природных водотоков и водоемов, исследованных нами ранее [9]. Вероятно, высокая антропогенная нагрузка Лыбеди нарушает естественные процессы развития фитопланктона, от которых зависит карбонатное равновесие и соответственно величина рН воды [5].

Таблица 1. Внутригодовая динамика величин рН, растворенного кислорода, степени насыщения кислородом, перманганатной (ПО) и бихроматной (БО) окисляемостей воды р. Лыбеди в 2014 г.

Месяц	рН		О ₂ , мг/дм ³		Степень насыщения. кислородом, %		ПО, мг О/дм ³		БО, мг О/дм ³	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Январь	7,7	7,7	11,3	12,1	82,5	90,6	18,2	16,2	30,4	27,4
Февраль	7,6	7,6	10,5	11,6	82,0	100,7	7,7	6,4	43,2	40,3
Март	7,6	7,6	10,8	11,5	100,2	104,5	8,0	6,4	43,5	38,4
Апрель	7,4	7,5	8,1	8,8	76,9	81,8	9,6	9,1	53,8	51,2
Май	7,6	7,6	7,8	7,9	88,4	89,5	14,4	14,7	36,0	38,4
Июнь	7,6	7,5	8,3	8,4	87,0	89,7	13,1	11,8	29,1	27,9
Июль	7,6	7,5	7,0	7,2	79,8	82,1	13,1	12,8	33,4	27,4
Август	7,7	7,7	7,8	8,1	86,5	89,9	12,5	10,9	35,4	35,0
Сентябрь	8,3	8,3	8,5	9,0	88,2	93,2	10,5	9,6	65,3	54,4
Октябрь	8,2	8,2	9,1	9,6	82,1	82,2	7,4	6,4	25,6	23,0
Ноябрь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Декабрь	8,3	8,3	9,5	9,7	82,2	82,4	7,0	6,5	33,3	29,1

Примечание: 1, 2 – номера участков отбора проб воды

Кислородный режим Лыбеди на протяжении года характеризовался достаточно высоким содержанием растворенного в воде кислорода, изменяясь от 7,0 мг/дм³ (79,8% насыщения) в июле до 12,1 мг/дм³ (90,6% насыщения) в январе. Но такой кислородный режим свидетельствует, скорее всего, о гидрологических особенностях водотока, чем о его удовлетворительном состоянии. На исследуемых участках река имеет довольно стремительное течение (0,5–0,6 м/с), а на участке 2 его скорость увеличивается еще больше вследствие подпора р. Совки и перемешивания водных масс. Поэтому среднегодовое содержание кислорода на участке 2 превышало такое на участке 1 и составляло соответственно 9,4 и 8,9 мг/дм³.

В таблице 1 представлены также результаты определения ПО и БО – показателей, которые характеризуют общее содержание РОВ в воде. Однако перед тем, как анализировать внутригодовые изменения общего содержания РОВ в воде двух исследуемых участков, мы сравнили их среднегодовые концентрации. Как показали расчёты, среднегодовые значения ПО на участках 1 и 2 составляли 11,5 и 10,4 мг О/дм³, БО – 39,6 и 36,3 мг О/дм³ соответственно. Таким образом, общая тенденция распределения РОВ в воде свидетельствует о превышении их концентрации на участке 1 по сравнению с участком 2 на 9,8% (ПО) и 8,8% (БО). Визуально вода на участке 1 была непрозрачной, со значительным содержанием взвешенного вещества. Более чистая вода р. Совки в определенной степени разбавляла водную массу Лыбеди, что отражалось на показателях ПО и БО.

На протяжении года, как видно из табл. 1, общее содержание РОВ в воде варьировало в достаточно широком интервале без четких внутригодовых закономерностей. Следует отметить, что часто наблюдали несоответствие в изменениях величин ПО и БО. Так, в сентябре показатели БО, которые обычно отображают присутствие в воде трудно окисляемых органических веществ, возросли и были максимальными (65,3 и 54,4 мг О/дм³ – участки 1 и 2 соответственно), в то время как величины ПО снизились соответственно до 10,5 и 9,6 мг О/дм³. Максимальные показатели ПО (18,2 и 16,2 мг О/дм³), которые в основном отображают наличие легко окисляемых органических соединений, припадали на январь в отсутствие ледяного покрова. БО в этом месяце была ниже среднегодовой. Самые низкие значения ПО и БО наблюдали в воде участка 2 в октябре – 6,4 и 23,0 мг О/дм³ соответственно.

Что касается соотношения величин БО и ПО, то в отдельные месяцы (февраль, март, апрель, сентябрь) значения БО в 5,5–6,0 раз превышали значения ПО. Среднегодовой показатель БО/ПО составил в среднем 3,5. В природных водах такое соотношение БО и ПО может свидетельствовать о низкой степени трансформации органических веществ и преобладании в водотоках алифатических автохтонных РОВ [1]. В данном случае можно говорить также о попадании в воду с поверхностным стоком трудно окисляемых загрязняющих веществ неприродного происхождения как во время весеннего половодья и ливневых дождей, так и через канализационные стоки.

В табл. 2 обобщены данные определения концентраций, исследуемых нами РОВ посезонно. Содержание отдельных групп органических веществ на протяжении года изменялось в таких интервалах: ГК – от 0,07 до 0,46 мг/дм³, ФК – от 5,60 до 8,60 мг/дм³, У – от 0,57 до 2,43 мг/дм³, БПВ – от 0,23 до 0,72 мг/дм³. Как видно из представленных результатов, сезонная динамика концентрации основных компонентов РОВ в целом соответствовала традиционным изменениям их содержания в воде [3].

Таблица 2. Сезонная динамика содержания компонентов растворенных органических веществ в воде р. Лыбеди в 2014 г.

Сезон	ГК, мг/дм ³	ФК, мг/дм ³	У, мг/дм ³	БПВ, мг/дм ³
Зима	0,20	5,6	1,28	0,38
Весна	0,30	8,6	1,71	0,59
Лето	0,46	7,3	2,43	0,72
Осень	0,07	6,3	0,57	0,23

Известно, что на формирование химического состава воды большое влияние оказывают как гидрологические, так и гидробиологические факторы, связанные с жизнедеятельностью водных организмов. Так, концентрации ГК, У и БПВ возрастали от зимы к весне, достигая максимальных величин (0,46, 2,43 и 0,72 мг/дм³ соответственно) летом вследствие интенсивного развития фито- и зоопланктона и выделения в воду продуктов их метаболизма. Лишь содержание ФК было максимальным (8,6 мг/дм³) весной, что можно объяснить поступлением в воду большого количества гумусовых веществ в сезон весеннего половодья. Осенью в связи с затуханием процессов жизнедеятельности гидробионтов и оседанием органических продуктов на дно отмечали существенное уменьшение содержания ГК, У и БПВ – в 6,6, 4,3 и 3,1 раза соответственно. Концентрация ФК снизилась незначительно, возможно, из-за дополнительного их поступления с поверхностным стоком и грунтовыми водами во время затяжных осенних дождей.

Среди особенностей сезонного распределения различных компонентов РОВ в воде р. Лыбеди можно отметить то, что колебания содержания ФК были менее выражены по сравнению с другими исследуемыми органическими веществами. Из литературы известно, что продукты сточных вод, поступающие в реки на протяжении года, могут служить дополнительным источником водного гумуса, в состав которого входят также ФК – низкомолекулярные и более подвижные в экосистемах, чем ГК, органические соединения [16]. Концентрации ГК в разные сезоны, наоборот, изменялись в значительной степени. Однако их абсолютные величины в сравнении с такими, описанными нами для других водотоков и водоемов [2, 9], были невысокими. Возможно, часть высокомолекулярных ГК сорбировалась на частицах взвешенного вещества, обильно присутствующего в воде. Кроме того, большая протяженность "железобетонного русла" реки снизила также возможность естественного дренирования ею водосборных почв, содержащих гумусообразующие продукты.

Выводы. Таким образом, исследования гидрохимических показателей воды р. Лыбеди – правого притока Днепра – в 2014 г. выявили ряд особенностей. Самые высокие значения рН воды отмечали в осенне-зимний период, а не в весенне-летний, как установлено на примере ранее изученных нами водотоков и водоемов. Вода на исследуемых участках была мутной, со значительным содержанием в ней взвешенного вещества. Однако из-за сильного течения реки кислородный режим на протяжении года отличался достаточно высокой концентрацией растворенного в воде кислорода.

Внутригодовые изменения общего содержания РОВ в воде р. Лыбеди показали, что высокие значения БО не всегда коррелировали с высокими величинами ПО, что может свидетельствовать о наличии в воде трудно окисляемых веществ неприродного происхождения. Динамика концентрации основных компонентов РОВ в течение года в целом соответствовала традиционным изменениям их содержания в воде. Среди сезонных особенностей

распределения разных органических соединений (в сравнении с описанными нами для других водотоков и водоемов) следует отметить незначительные колебания содержания низкомолекулярных ФК. Концентрации высокомолекулярных ГК, наоборот, изменялись в широком интервале, однако их абсолютные величины были невысокими.

Дальнейшие гидрохимические исследования данного водного объекта могут быть направлены на изучение пространственных закономерностей распределения РОВ по течению реки с целью определения основных источников ее загрязнения.

Список литературы

1. Башенхаева Н.В. Органическое вещество в воде реки Селенги / Н. В. Башенхаева, В. Н. Синюкович, Л. М. Сороковинова, Т. В. Ходжер // География и природ. ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 47–54.
2. Васильчук Т. В. Компонентный состав растворенных органических веществ природных поверхностных вод с высокой цветностью / Т. А. Васильчук, В. П. Осипенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3 (20). – С. 136–141.
3. Васильчук Т. А. Особенности миграции и распределения основных групп органических веществ в воде Киевского водохранилища в зависимости от кислородного режима / Т. А. Васильчук, В. П. Осипенко, Т. В. Евтух // Гидробиол. журнал. – 2010. – Т. 47, № 6. – С. 105–115.
4. Вишневський В. І. Малі річки Києва / В. І. Вишневський. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2007. – 28 с.
5. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А. Н. Денисова, В.М. Тимченко, Е.П. Нахшина и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 216 с.
6. Дебейко Е. В. Прямое фотометрическое определение растворимых белков в природных водах / Е. В. Дебейко, А. К. Рябов, Б. И. Набиванец // Гидробиол. журн. – 1973. – Т. 9, № 6. – С. 109–113.
7. Заверуха Н. М. Основы екології / Н. М. Заверуха, В. В. Серебряков, Ю. А. Скиба. – К.: Каравела, 2008. – 304 с.
8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін.; ред. В. Д. Романенко. – К.: Логос, 2006. – 408 с.
9. Осипенко В. П. Сезонна динаміка вмісту основних груп органічних речовин у різних водних об'єктах / В. П. Осипенко, Т. О. Васильчук, Т. В. Євтух // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 1 (26). – С. 134–140.
10. Пелешенко В.И. Качественная оценка водоемов и малых водотоков Киева и Киевской области / В.И. Пелешенко, Л.Н. Горев, В.К. Хильчевский // Физическая география и геоморфология. – 1981. – вып. 25, - С. 102-108.
11. В.К.Попович Г. М. Сорбционное концентрирование и спектрофотометрическое определение гуминовых и фульвокислот в водах: автореф. дис. ... канд. хим. наук / Г. М. Попович. – К.: 1990. -23 с.
12. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.
13. Сироткина И.С. Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод / И.С. Сироткина, Г.М. Варшал, Ю.Ю. Лурье, Н.П. Степанова // Журн. аналит. химии. – 1974. – Т. 29, № 8. – С. 1626–1632.
14. Хильчевський В.К. Гідрохімія малої київської річки (Нивка, Горенка, Сирець, Дарниця, Дибідь, Віта) / В.К.Хильчевський // В кн.: Київ як екологічна система. – К.: Центр екол. Освіти та шнформації. – 2001. – С. 184-193.
15. Шевцова Л. В. Эколого-санитарное состояние р.Лыбеди / Л. В. Шевцова, Н. Г. Ткачук. В. В. Малафеев, В. В. Васильковская // Гидробиол. журнал. – 2000. – Т. 36, № 5. – С. 34–43.
16. Manka J. Characterization of organics in secondary effluents / J. Manka, M. Robhum, A. Mandelbaum, A. Bortinger // Environmental Sciences and Technology. – 1974. – Vol. 8 (12). – С. 1017–1020.

Гидрохимические исследования реки Лыбеди – правого притока Днепра Осипенко В.П., Евтух Т. В.

Представлены результаты исследований внутригодовой динамики общего содержания растворенных органических веществ в воде р. Лыбеди – правого притока Днепра в 2014 г. Определены основные гидрохимические характеристики данного водного объекта: рН, концентрация растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом. Рассмотрена их взаимосвязь с сезонной динамикой концентрации таких компонентов растворенных

органических соединений, как гуминовые кислоты, фульвокислоты, углеводы и белковоподобные вещества.

Ключевые слова: река Лыбедь, гуминовые кислоты, фульвокислоты, углеводы, белковоподобные вещества, сезонная динамика.

Гідрохімічні дослідження річки Либеді – правої притоки Дніпра

Осипенко В.П., Євтух Т. В.

Представлені результати досліджень внутрішньорічної динаміки загального вмісту розчинених органічних речовин у воді р. Либеді – правої притоки Дніпра у 2014 р. Визначені основні гідрохімічні характеристики цього водного об'єкту: рН, концентрація розчиненого кисню і ступінь насичення води киснем. Розглянуто їхній взаємозв'язок із сезонною динамікою концентрації таких компонентів розчинених органічних речовин, як гумінові кислоти, фульвокислоты, углеводы та білковоподібні речовини.

Ключові слова: річка Либідь, гумінові кислоти, фульвокислоты, углеводы, білковоподібні речовини, сезонна динаміка.

Hydrochemical investigations of the Lybed River – right tributary of Dnieper

Osyenko V. P., Evtukh T.V.

The results of investigations of the annual dynamics of total dissolved organic matters contents in water of the Lybed River – right tributary of Dnieper – in 2014 are presented. The major hydrochemical characters, also pH, dissolved oxygen concentration and degree of oxygen saturation of water are defined. Their correlation with the seasonal dynamics of concentrations of such dissolved organic compounds as humic acid, fulvo acid, carbohydrate and protein are considered.

Keywords: Lybed River, humic acid, fulvo acid, carbohydrate, protein, seasonal dynamics.

Надійшла до редколегії 21.07.2015

УДК 556.114.6 (571.15)

Шерстюк Н.П., Байбуз О.Г.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОХІМІЧНОГО РАЙОНОВУВАННЯ ІНГУЛЬЦЯ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Ключові слова: гідрохімічне районування, Інгулець, кластерний аналіз, багатовимірні часові ряди, інформаційна технологія.

Вступ. Гідролого-гідрохімічний режим річки Інгулець принципово вирізняється між іншими річками України техногенно перетвореними діяльністю людини. На сьогоднішній день впроваджена така схема використання Інгульця: з листопада по березень відбуваються скиди надлишку шахтних вод Кривбасу, з водойми балки Свистунова, які накопичуються у ній в продовж року. Розпорядженням КМУ кожного року затверджується Регламент скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу в р. Інгулець. В процесі скидання шахтних вод в русло річки Інгулець, через канал Дніпро – Інгулець, подається дніпровська вода. Після скиду шахтних вод (наприкінці лютого), починається процес промивки русла Інгульця водою того ж каналу Дніпро – Інгулець (на початку квітня). Промивка триває до середини серпня.

Цей захід дає можливість використовувати інгулецьку воду впродовж вегетаційного періоду в Інгулецькій зрошувальній системі, яка розташована в нижній течії Інгульця в Миколаївській області (район м. Снегірівка). Ця схема, після тривалих експериментів, була запроваджена у 2011 році і вважається на теперішній час найбільш досконалою.

Постає актуальна задача вивчення змін гідрохімічного режиму Інгульця з метою збереження водного об'єкта, поліпшення і стабілізації якості води для забезпечення оптимальних умов функціонування екосистем та підвищення ефективності природно-господарського комплексу.

Вихідні передумови. 2014 року Благодійний Фонд «Громадська ініціатива мешканців Кривбасу» (БФ) зацікавився гідроекологічною ситуацією, що створюється на Інгульці при втіленні описаного вище водогосподарського заходу. З жовтня 2014 року проводяться сумісні зі співробітниками БФ гідрохімічні спостереження по річці з щомісячним відбором проб води у визначених пунктах спостереження. Отже, у результаті спостережень отримано багатовимірний масив даних.

Ймовірно-статистичні методи є найбільш перспективними при аналізі масової гідрологічної та гідрохімічної інформації. Ці методи включають в себе наступні аналізи: обробка гідрохімічної інформації методами первинної статистики, кластерний аналіз, перевірка однорідності, регресійний, факторний аналізи і т.д.

Факторний і кластерний аналізи знайшли широке застосування при вирішенні завдань геохімії, гідрохімії і гідрогеохімії [1, 2, 3]. Кластерний аналіз – один з методів багатовимірного аналізу, призначений для групування (кластеризації) сукупності елементів, які характеризуються багатьма факторами, і отримання однорідних груп (кластерів). Привабливість даного методу у тому, що він працює навіть тоді, коли даних мало і не виконуються вимоги нормальності розподілів випадкових величин та інші вимоги класичних методів статистичного аналізу. Але широкому використанню методів кластерного аналізу у деякій мірі заважає, те що результати кластеризації не дають безпосередньої відповіді при гідрохімічних дослідженнях, а є тільки підставою для подальшого аналізу і потребують досвіду дослідника. У іншому випадку у результаті кластеризації можна отримати такий висновок: «В итоге неопределенность исходных данных подменяется другой, еще более туманной – неопределенностью результатов классификаций.» [4]. Крім того, класичний кластерний аналіз частіше за все використовується для класифікації масиву випадкових величин, а результатом гідрохімічних спостережень є масив випадкових процесів.

Формулювання цілей статті, постановка завдання. Метою дослідження є гідрохімічне районування річки Інгулець, тієї її частини, що протікає по території Кривбасу, в умовах реалізації заходів скидів шахтних вод та подальшої промивки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Гідролого-гідрохімічний режим річки детально вивчений та узагальнений у багатьох публікаціях [5,6].

В гідрографічному відношенні р. Інгулець належить до басейну Дніпра і є його найнижчою правою притокою 1-го порядку. Довжина річки становить 549 км, площу водозбору 14870 км². Свій початок річка бере із заболоченої балки поблизу с. Топила Знам'янського району Кіровоградської області.

Русло річки до ст. Цибулеве пряме, нижче – звивисте. Русло переважно нерозгалужене, у верхів'ях вузьке, у середній течії шириною 20 – 30 м, порожисте. Глибина на перекатах становить 0,2 – 0,6 м, на плесах – до 5 м. Швидкість течії річки у межень біля м. Кривий Ріг незначна, на перекатах – 0,2 – 0,5 м/с. Похил річки змінюється від 1,2 м/км у верхів'ї до 0,37 м/км у пониззі.

Середня річна витрата води становить 7,8 – 9,3 м³/с, а під час танення снігів вона збільшується до 400 м³/с і більше. У результаті будівництва систем водосховищ (Іскрівського, Карачунівського) і каналів, по яких надходить вода з р. Дніпро, гідрологічний режим ріки значно змінився. Коефіцієнт зарегульованості

стоку 0,65 – 0,70, витрати води в руслі зменшилися, повинь слабо виражена.

Джерелом живлення р. Інгулець, в основному, є снігові (талі) і дощові води, частка яких досягає 77% річного стоку; величина підземного живлення складає 17%, а фільтрація з гідротехнічних споруд – 6%. Підйом рівнів у річці зазвичай починається в кінці лютого або на початку березня. Спад триває до середини квітня; максимальна висота весняної повені змінюється від 1,5 до 5,5 – 6,0 м.

Зараз щорічний середній обсяг стоку Інгульця у верхів'ях (в передмістях Кривого Рогу до впадіння в нього Саксагані) складає приблизно 0,24 км³.

Проби води відбиралися у дев'яти пунктах спостереження: 1 – с. Лозоватка (в межах населеного пункту); 2 – у створі балки Велика Лозоватка; 3 – паром; 4 – с. ПівнГЗК (в межах населеного пункту); 5 – с. Новоселівка (в межах населеного пункту); 6 – міст; 7 – поблизу хвостосховища ІнГЗК; 8 – с. Миколаївка (в межах населеного пункту); 9 – с. Андріївка (в межах населеного пункту) (рис. 1), усього проведено 12 відборів проб води.

Визначено наступні показники: водневий показник (рН), біохімічне споживання кисню (БСК₅), хімічне споживання кисню (ХСК), нітрати (NO₃), нітрити (NO₂), фосфати (PO₄), сухий залишок (СЗ), хлориди (Cl), сульфати (SO₄²), гідрокарбонати (HCO₃), кальцій (Ca), магній (Mg), натрій (Na) на такі моменти спостережень: 16.10.2014, 23.11.2014, 16.12.2014, 27.01.2015, 16.02.2015, 03.03.2015, 16.04.2015, 30.05.2015, 16.06.2015, 23.07.2015, 16.08.2015, 12.09.2015.

Попередніми дослідженнями встановлено, ділянку річки, що вивчається можна поділити на дві частини: перша (верхня) – територія ЦГЗК, вище Карачунівського водосховища; друга (нижня) – територія ПівдГЗК та ІнГЗК. Такий поділ відповідає гідрохімічному типу води, а саме: у першій частині переважаючим є тип S_{II}^{Na} або S_{II}^{Mg}, у другій – Cl_{II}^{Na} [5].

Результати гідрохімічного моніторингу представлені у вигляді багатовимірних часових рядів. Розроблена інформаційна технологія CIA «MEDISA» кластерного аналізу багатовимірних часових рядів, яка дозволяє визначати угруповання об'єктів за схожістю набору досліджуваних ознак як у кожний момент, так і у часовому періоді спостережень, а також за подібністю змін окремих ознак, здійснюючи при цьому оцінювання якості результатів та підтримку прийняття рішень при обробці даних гідрохімічного моніторингу [3].

Структура розробленої технології складається з чотирьох основних етапів. На першому етапі відбувається робота з базами даних (завантаження, редагування) та попередня обробка досліджуваних даних (візуальний аналіз, визначення інформативності ознак, стандартизація). На другому етапі проводиться кластерний аналіз різними методами та при різних значеннях параметрів. Далі, на третьому етапі здійснюється оцінка якості отриманих угруповань та підтримка прийняття рішень щодо вибору найкращого результату. На четвертому етапі здійснюється візуалізація результатів та аналіз отриманих кластерів.

Досліджувані гідрохімічні дані представлено у вигляді множини об'єктів (пункти спостереження) $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, $N = 9$. Кожен об'єкт характеризується $p = 13$ ознаками (фізико-хімічними показниками), $x_i = \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$, $i = \overline{1, N}$, значення яких змінюються у часі та досліджуються протягом $T = 12$ моментів спостереження: $u_l^{(i)} = \{u_{lt}^{(i)}\}$, $l = \overline{1, p}$, $t = \overline{1, T}$, $u_{lt}^{(i)}$ – значення l -ї ознаки, що визначається у пробі води i -го пункту спостереження у t -й момент спостереження.

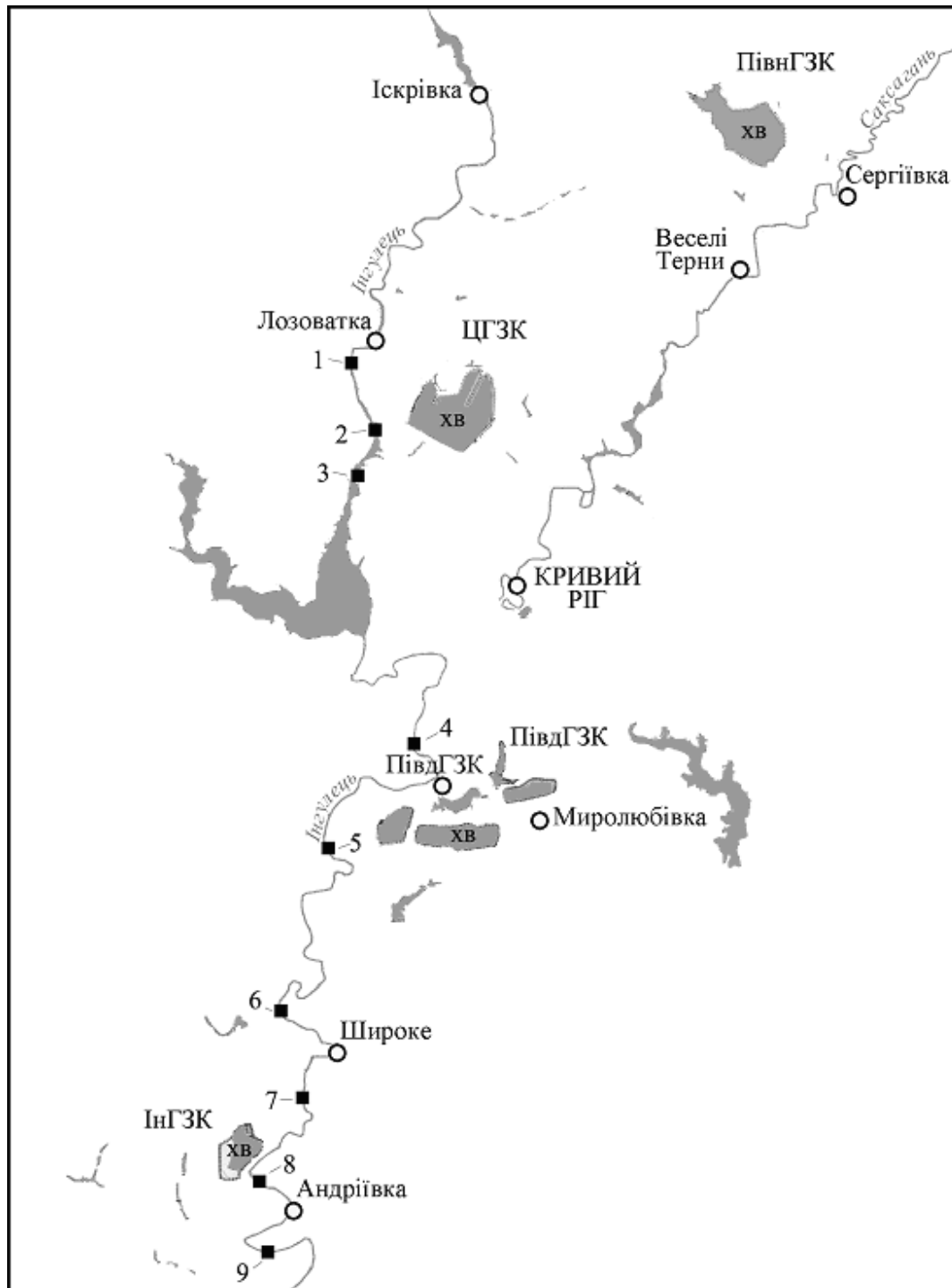


Рис. 1. Картосхема розташування пунктів гідрохімічних спостережень на р. Інгулець.

Умовні позначення: ■ – пункт спостереження: 1 – с. Лозоватка (в межах населеного пункту); 2 – у створі балки Велика Лозоватка; 3 – паром; 4 – с. ПівнГЗК (в межах населеного пункту); 5 – с. Новоселівка (в межах населеного пункту); 6 – міст; 7 – поблизу хвостосховища ІнГЗК; 8 – с. Миколаївка (в межах населеного пункту); 9 – с. Андріївка (в межах населеного пункту); хв – хвостосховище; ПівнГЗК – Північний гірничо-збагачувальний комбінат; ЦГЗК – Центральний гірничо-збагачувальний комбінат; Півд – Південний гірничо-збагачувальний комбінат; ІнГЗК – Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат

Відповідно до розробленої технології пропонується розбити пункти спостереження на групи за схожістю змін вмісту досліджуваного показника у пробах води; для кожного пункту спостереження згрупувати моменти спостереження, що характеризуються близькими за значеннями ознак пробами води; визначити розбиття пунктів спостереження на кластери за набором досліджуваних показників для кожного моменту спостереження, а також нечітке розбиття об'єктів аналізу, що враховує часові зміни ознак на всьому проміжку спостережень.

Для визначення схожих закономірностей зміни вмісту кожного з досліджуваних показників у пробах води пунктів спостереження у часовому проміжку спостережень в якості об'єктів аналізу розглядалися пункти спостереження, а в якості набору ознак – значення деякого досліджуваного показника у пробах води кожного з моментів спостереження.

Для вибору найкращого серед отриманих різними методами угруповання застосовувалася технологія багатокритеріальної оцінки якості. За аналізом отриманих оцінок найкраще розбиття пунктів спостереження на кластери за схожістю змін вмісту кисню у пробах води за багатокритеріальною оцінкою якості демонструє ієрархічний метод Уорда.

Результати кластерного аналізу пункти спостереження за схожістю змін вмісту у пробах води кожного з досліджуваних показників у часовому проміжку спостережень наведені у табл. 1. Кожному показнику ставиться у відповідність розбиття пунктів спостереження на кластери. Мітки кластерів у різних розбиттях не пов'язані між собою.

Таблиця 1. Результати кластерного аналізу пунктів спостереження за схожістю змін вмісту кожного з досліджуваних показників у пробах води

Пункти спостереження	pH	БСК ₅	ХСК	NO ₃	NO ₂	PO ₄	C3	Cl	SO ₄	HCO ₃	Ca	Mg	Na
с. Лозоватка	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
балка Велика Лозоватка	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
паром	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2
с. ПівніГЗК	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1
с. Новоселівка	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1
міст	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
хвостосховище ІнГЗК	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1
с. Миколаївка	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
с. Андріївка	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1

Наступною задачею, яку дозволяє вирішити розроблена технологія є групування моментів спостереження для кожного пункту спостереження, що характеризуються близькими за значеннями ознак пробами води. Для цього в якості об'єктів аналізу розглядаються моменти спостереження, в якості набору ознак – значення вмісту досліджуваних показників у пробах води певного пункту спостереження. Таким чином кожному пункту спостереження ставиться у відповідність розбиття моментів спостереження на кластери, за схожістю досліджуваних ознак. Мітки кластерів у різних розбиттях не пов'язані між собою. Результати аналізу представлені у табл. 2.

Таблиця 2. Результати кластеризації моментів спостереження за схожістю параметрів у пробах води пункту спостереження

Пункти спостереження	Моменти спостереження											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
с. Лозоватка	1	2	2	1	1	1	3	2	2	2	1	1
балка Велика Лозоватка	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1
паром	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1
с. ПівніГЗК	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1
с. Новоселівка	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1
міст	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
хвостосховище ІнГЗК	1	1	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1
с. Миколаївка	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
с. Андріївка	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2

Для кожного моменту спостереження t визначено угруповання $G_t = \{g_1^{(t)}, g_2^{(t)}, \dots, g_{K_t}^{(t)}\}, t = \overline{1, T}$ пунктів спостереження за схожістю вмісту набору досліджуваних ознак у пробах води.

При дослідженні інформативності ознак у кожен з моментів спостереження за методом апроксимації матриці відстаней було виявлено, що усі ознаки, окрім СЗ є інформативними, найбільшу інформативність мають наступні показники: NO₂, PO₄, Cl, SO₄, Na. Таким чином для подальшого аналізу з набору ознак вилучаємо СЗ.

Кількість кластерів K_t за умовою є невідомою та має бути визначено під час аналізу. Для визначення кількості кластерів у кожному розбитті було застосовано аналіз дендрограми та критерії якості. Візуалізація результатів кластерного аналізу пунктів спостереження за вмістом досліджуваних ознак у пробах води на момент спостереження 16.02.2015 представлені на рис. 2 – 3 у вигляді дендрограми та діаграми розсіювання відповідно.

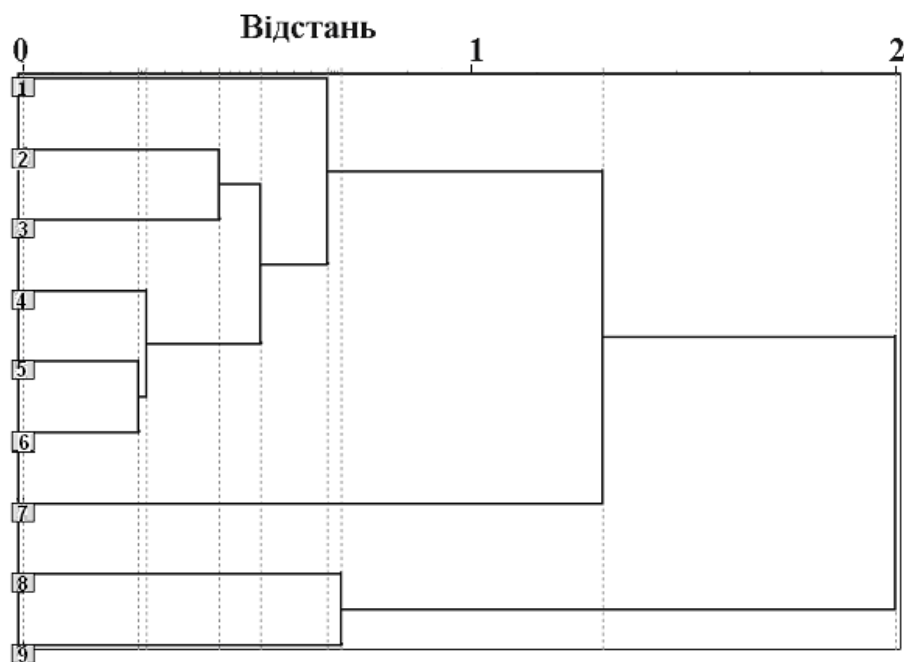


Рис. 2. Дендрограма (процес об'єднання у кластери пунктів спостереження за схожістю досліджуваних компонентів у пробах води 16.02.2015).

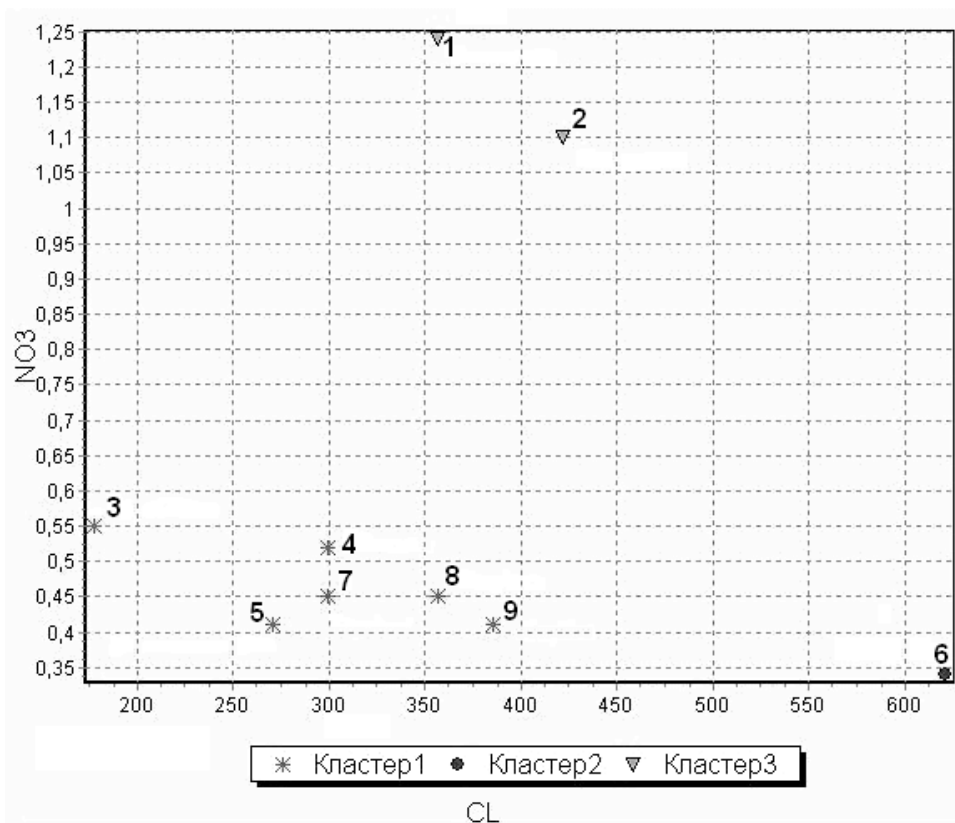


Рис. 3. Діаграма розсіювання пунктів спостереження за результатами кластеризації даних на 16.02.2015.

Розроблена інформаційна технологія передбачає аналіз та порівняння отриманих кластерів кожного розбиття на основі ймовірно-статистичного аналізу. Для кожної ознаки пропонується обчислювати статистичні характеристики, відтворювати розподіли даних та встановлювати вірогідні межі реалізації показників.

Результати кластерного аналізу за даними, що характеризують проби води пунктів спостереження за досліджуваними компонентами у кожен з моментів спостереження представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Результати кластерного аналізу у кожен з моментів спостереження

Пункти спостереження	Моменти спостереження											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
с. Лозоватка	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
балка Велика Лозоватка	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
паром	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
с. ПівнГЗК	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
с. Новоселівка	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1
міст	3	3	3	3	1	2	2	1	3	2	2	2
хвостосховище ІнГЗК	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2
с. Миколаївка	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
с. Андріївка	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1

Кожному моменту спостереження ставиться у відповідність розбиття пунктів спостереження на кластери, яке було визначене на основі методів кластерного аналізу та багатокритеріальної оцінки якості. Мітки кластерів у різних розбиттях не пов'язані між собою.

Для визначення угруповання пунктів спостереження схожих між собою за набором досліджуваних ознак у пробах води на всьому проміжку спостережень застосовано технологію кластеризації багатовимірних часових рядів. Матриця близькості була визначена на основі результатів кластерного аналізу у окремі моменти спостереження. Узагальнююче розбиття отримане методом нечіткої кластеризації Даве-Сена та представлено у табл. 4 у вигляді міри приналежності пунктів спостереження до кластерів.

Таблиця 4. Результати нечіткої часової кластеризації

Пункти спостереження	Міра приналежності		
	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
с. Лозоватка	0,09	0,45	0,16
балка Велика Лозоватка	0,05	0,81	0,04
паром	0,04	0,79	0,07
с. ПівніГЗК	0,05	0,23	0,52
с. Новоселівка	0,06	0,30	0,63
міст	0,99	0,07	0,23
хвостосховище ІнГЗК	0,09	0,005	0,58
с. Миколаївка	0,12	0,33	0,55
с. Андріївка	0,14	0,10	0,45

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що пункт спостереження 6 (міст), що знаходиться поблизу скидів високомінералізованих шахтних вод з водойми балки Свистуново, значно відрізняється від усіх інших майже в усі моменти спостереження. Таким чином і в розбитті, що відповідає всьому проміжку спостережень виділяється у окремий кластер. Також у окремі кластери виділяються пункт спостереження 1, 2, 3, 4 та 5, 7, 8, 9.

Висновки. У результаті дослідження доведена ефективність застосування ймовірно-статистичних методів для обробки та аналізу гідрохімічної інформації з метою районування складних водних об'єктів.

Практично реалізована інформаційна технологія кластерного аналізу багатовимірних часових рядів для визначення угруповання об'єктів за схожістю набору досліджуваних ознак як у кожний момент, так і у часовому періоді спостережень, а також за подібністю змін окремих ознак, здійснюючи при цьому оцінювання якості результатів та підтримку прийняття рішень при обробці результатів гідрохімічного моніторингу.

За результатами досліджень ділянка Інгульця, що знаходиться у межах Криворіжжя, поділена на три райони: верхня частина (вище Карачунівського водосховища), ділянка нижня, що виділена раніше [5], поділяється на дві: від Карачунівського водосховища до скиду шахтних вод у районі с. Новоселівка; від скиду шахтних вод до с. Андріївка.

Отже, у результаті впровадження водогосподарського заходу по скиду шахтних вод у зимовий період у річку Інгулець та наступної його промивки

дніпровською водою у весняно-літній період відбулася перебудова гідрохімічної структури водного об'єкта, що потребує подальших досліджень фахівців.

Список літератури

1. Шерстюк Н.П. Определение основных источников загрязнения природно-техногенных вод на территории с повышенной техногенной нагрузкой / Н.П.Шерстюк, И.А. Власова // Вісник Харківського національного імені В.Н. Каразіна. Серія: Геологія – Географія – Екологія. – № 956. – 2011. – С.248-254. 2. Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем : Монографія / С.І. Сніжко. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 284 с. 3. Байбуз О. Г. Інформаційна технологія нечіткої кластеризації багатовимірних часових рядів на прикладі гідрохімічного моніторингу річки Самара / О.Г. Байбуз, М.Г. Сидорова // Науковий вісник Національного гірничого університету. – №5. – 2014. – С.114-122. 4. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации : Монография. / Шитиков В.К., Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. 5. Шерстюк Н.П. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу : Монографія / Н.П. Шерстюк, В.К. Хільчевський. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2012.– 263 с. 6. Хільчевський В. К. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу : Монографія / В.К. Хільчевський, Р.Л. Кравчинський, О.В. Чунарьов. – К.: Ніка-центр, 2012. – 180 с.

Результати гідрохімічного районування Інгульця методами кластерного аналізу

Шерстюк Н.П., Байбуз О.Г.

Виконано районування ділянки Інгульця у межах Криворіжжя на підставі нових водогосподарських заходів з утилізації шахтних вод. Скиди шахтних вод з водойми балки Свистунова обумовили поділ нижньої ділянки річки. Доведена ефективність застосування кластерного аналізу багатовимірних часових рядів для аналізу гідрохімічних спостережень.

Ключові слова: гідрохімічне районування, Інгулець, кластерний аналіз, багатовимірні часові ряди, інформаційна технологія.

Результаты гидрохимического районирования Ингульца методами кластерного анализа

Шерстюк Н.П., Байбуз А.Г.

Выполнено районирование участка Ингульца в пределах Криворожья на основании новых водохозяйственных мероприятий по утилизации шахтных вод. Сбросы шахтных вод из водоема балки Свистунова обусловили разделение нижнего участка реки. Доказана эффективность применения кластерного анализа многомерных временных рядов для анализа гидрохимических наблюдений.

Ключевые слова: гидрохимическое районирование, Ингулец, кластерный анализ, многомерные временные ряды, информационная технология.

Results of hydrochemical zoning Inhulets cluster analysis methods

Sherstyuk N.P., Baybuz O.G.

Completed zoning areas within Kryvorizhzhya Inhulets based on new water management measures for utilization of mine water. Discharges of mine water from the reservoir floor Svistunov division caused the lower part of the river. Proven efficacy cluster analysis multivariate time series analysis hydrochemical observations.

Keywords: hydrochemical zoning, Ingulets, cluster analysis, multivariate time series, information technology.

Надійшла до редколегії 21.09.2015

Монюшко М.М.

Одеський державний екологічний університет

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ДЛЯ АКВАТОРІЇ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

Ключові слова: забруднюючі речовини, акваторія, Чорне море, гідрохімічний режим, оцінка якості вод, моніторинг, джерела забруднення.

Вступ. Сьогодні, особливої уваги заслуговує все зростаюче забруднення морських вод, зокрема Чорного моря, різними хімічними забруднювальними речовинами, як на поверхні моря, так і в донних відкладеннях. Значне забруднення різними хімічними речовинами завдає великої шкоди біологічним ресурсам моря, а нерідко й зовсім зводить нанівець промислове значення водойми, і призводить до неможливості використовувати море як рекреаційні ресурси. За останні 25 років із 23 промислових риб у Чорному морі залишилося дев'ять видів, однією з яких є тюлька, яка приходить з Азовського моря. Тому, оцінка якості морських вод необхідна, в першу чергу, з метою встановлення гранично-допустимих норм дій, які гарантують екологічну безпеку населення, забезпечують раціональне використання і відновлення природних ресурсів в умовах стійкого розвитку господарської діяльності. При цьому під нормами дій розуміють антропогенну діяльність, яка пов'язана з реалізацією економічних рекреаційних, культурних інтересів і вносить фізичні, хімічні, біологічні зміни в природне середовище.

Мета роботи – оцінити якість вод за гідрохімічними показниками за допомогою розрахованих значень індексу забруднення вод (ІЗВ), які дозволяють віднести води досліджуваного району до певного класу чистоти. Під якістю води розуміють характеристику її складу і властивостей, які визначають її придатність для конкретних видів водокористування. Критерієм якості є ознаки за якими проводиться оцінка якості води.

Матеріали і методи досліджень. Для оцінки якості вод за гідрохімічними показниками в акваторії північно-західної частини Чорного моря використані матеріали суднових експедиційних досліджень, проведених Українським науковим центром екології моря (УкрНЦЕМ) за період з 1990 по 2005 рр. Використані також дані щорічників за період 2000-2010рр, які містять інформацію про регулярні спостереження за якістю морських вод, що проводяться 11 територіальними управліннями з гідрометеорології та моніторингу навколишнього середовища або їх підрозділами в рамках програми моніторингу стану морських вод, а також даних регіонального центру «Моніторинг Арктики» і спеціалізованих експедиційних досліджень науково-дослідних інститутів Росгідромету.

Матеріали досліджень відносяться до північно-західного шельфу Чорного моря. Всього за вказаний період в інформаційній базі УкрНЦЕМ з північно-західного шельфу Чорного моря зібрані дані спостережень на 3252 станціях, виконаних в 130 експедиційних рейсах і на 347 берегових гідрологічних станціях.

Просторовий розподіл кількості гідрологічних станцій на досліджуваній акваторії досить нерівномірний (рис.1).

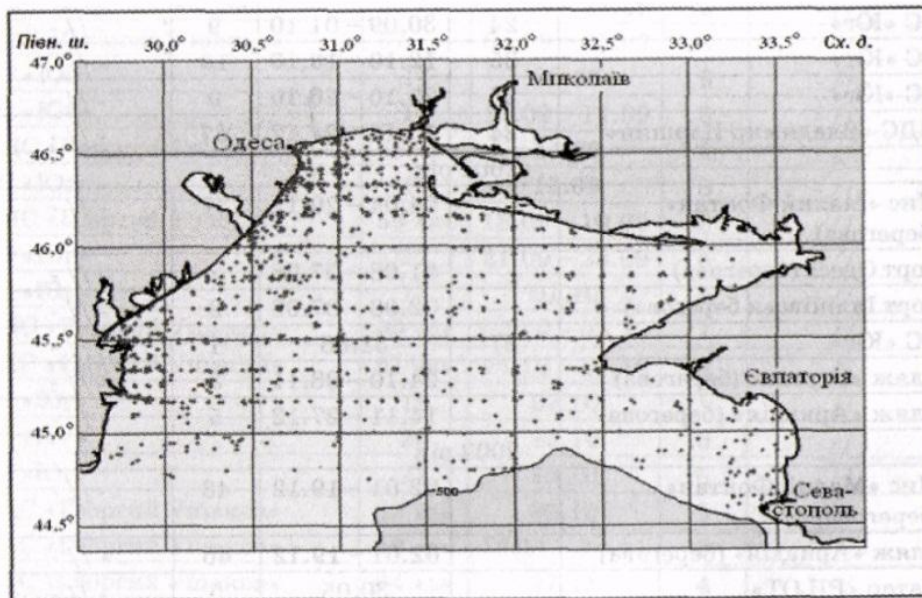


Рис.1. Розташування гідрологічних станцій спостережень на акваторії північно-західного шельфу Чорного моря.

Районування вод Північно-західного шельфу Чорного моря було проведено Українським центром екології Чорного і Азовського морів (рис.2).

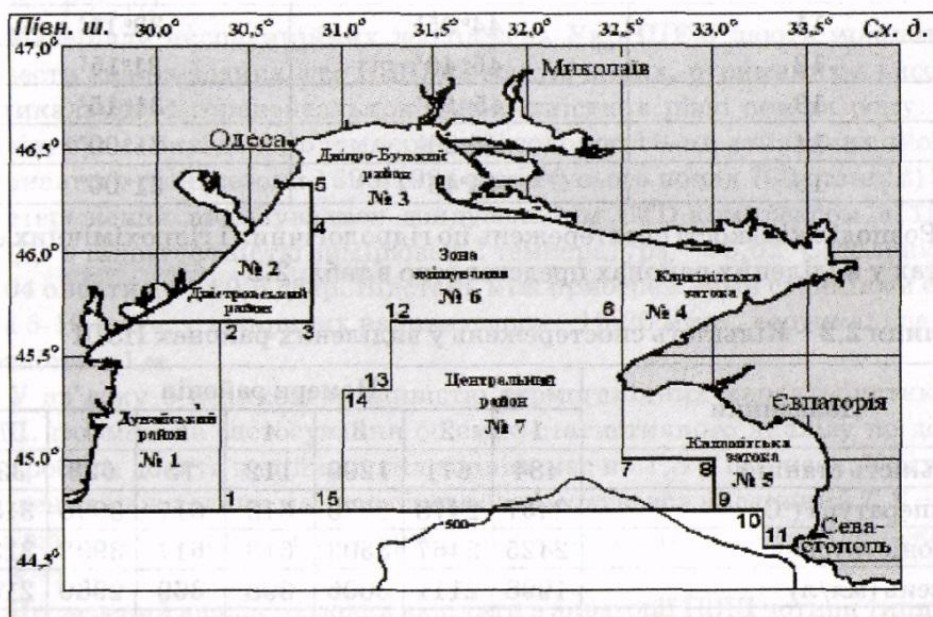


Рис.2. Карта районування вод Північно-західного шельфу Чорного моря.

У зв'язку з необхідністю збільшення масштабу усереднених даних, як область усереднення були обрані великі райони, границі яких відповідали середньому положенню границь основних водних мас північно-західної частини Чорного моря в межах поверхневого квазіоднорідного шару або горизонтальної проекції цих границь для глибинних горизонтів [1].

Моніторинг гідрохімічного режиму і забруднення північно-західної частини Чорного моря проводився в дельті річки Дунай (Дунайська ГМО); у Сухому лимані,

в районі вхідного каналу і очисних споруд м. Іллічівськ (ГМБ «Іллічівськ»); гирло річки Південний Буг і Бузький лиман (Миколаївський обласний центр з гідрометеорології); в акваторії портів Одеса (Одеський гідрометцентр Чорного і Азовського морів), Ялта (МГ «Ялта»); в Дніпровському лимані (Миколаївська ЦГМ); гирло річки Дніпро.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для оцінки якості вод та порівняння за цим параметром різних акваторій розраховані значення індексу забруднення вод (ІЗВ), що дозволяють віднести води досліджуваного району до певного класу чистоти (табл. 1).

Таблиця 1. Класи якості вод і значення ІЗВ

Клас якості вод		Діапазон значень ІЗВ
Дуже чисті	I	$ІЗВ < 0,25$
Чисті	II	$0,25 < ІЗВ \leq 0,75$
Помірно забруднені	III	$0,75 < ІЗВ \leq 1,25$
Забруднені	IV	$1,25 < ІЗВ \leq 1,75$
Брудні	V	$1,75 < ІЗВ \leq 3,00$
Дуже брудні	VI	$3,00 < ІЗВ \leq 5,00$
Надзвичайно брудні	VII	$ІЗВ > 5,00$

Для морських вод ІЗВ розраховується за формулою:

$$ІЗВ = \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{ГДК_i} \div 4, \quad (1)$$

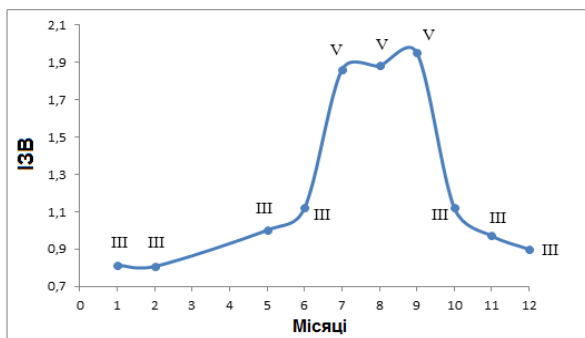
де C_i – концентрація трьох найбільш значних забруднювальних речовин і розчиненого у воді кисню; ГДК - граничнодопустима концентрація гідрохімічного показника.

Значення у формулі (1) розчиненого у воді кисню розраховується діленням нормативу на реальний його вміст (табл.2).

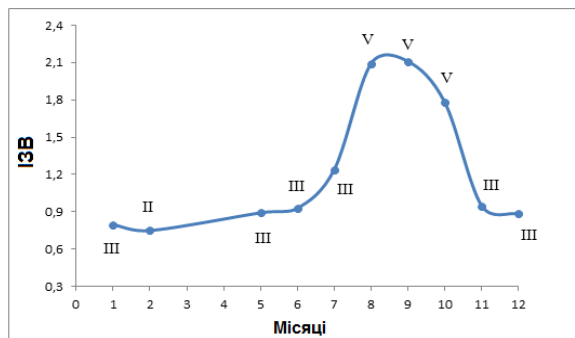
Таблиця 2. Нормативи вмісту розчиненого у воді кисню

Вміст розчиненого у воді кисню C , мг/дм ³	Норматив, мг/дм ³
$6 \leq C$	6
$5 \leq C < 6$	12
$4 \leq C < 5$	20
$3 \leq C < 4$	30
$2 \leq C < 3$	40
$1 \leq C < 2$	50
$C < 1$	60

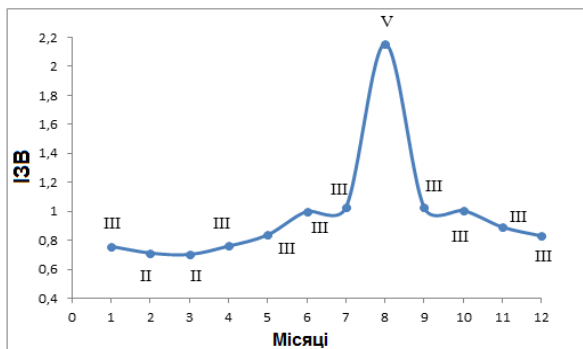
Для розрахунку індексу ІЗВ у водах північно-західної частини Чорного моря використані середньо багаторічні дані у поверхневому шарі води за вмістом нітратів, нітритів, амонійного азоту, нафтових вуглеводнів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), фенолів і розчиненого у воді кисню за період 1990-2010 рр. На рис.3 представлена сезонна мінливість значень ІЗВ для різних районів північно-західного шельфу Чорного моря. Для морських вод значення ІЗВ розраховані за формулою 1.



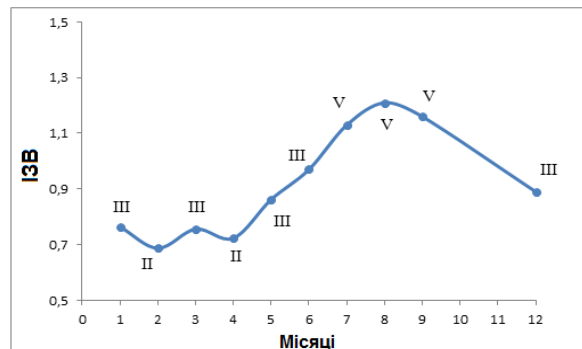
а)



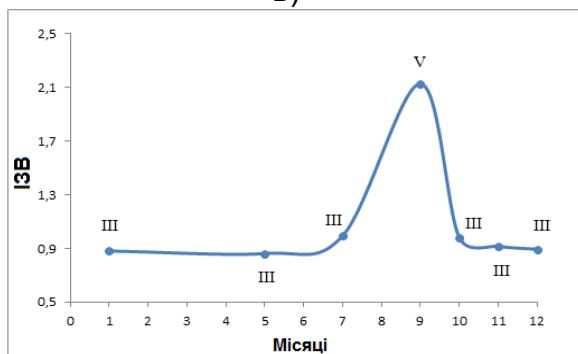
б)



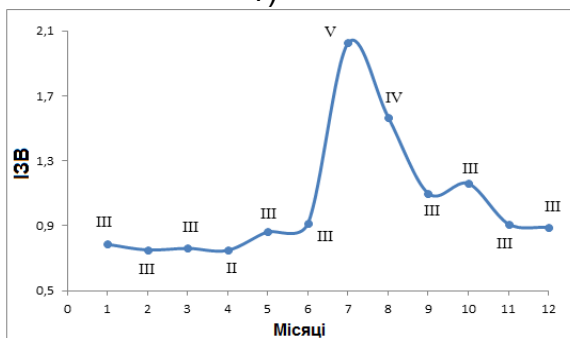
в)



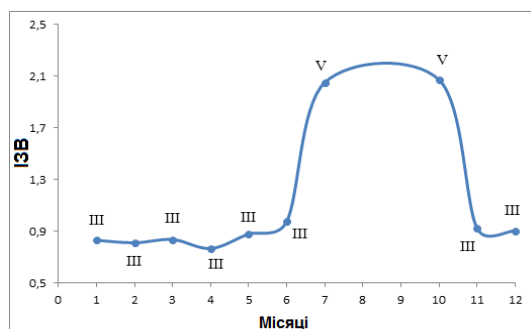
г)



д)



е)



ж)

Рис.3. Сезонна мінливість ІЗВ для різних акваторій північно-західного шельфу Чорного моря: а) Дунайський район, б) Дністровський район, в) Дніпро-Бузький район, г) Каркінітська затока, д) Каламітська затока, е) зона змішування, ж) центральна акваторія.

Отримані значення ІЗВ на досліджуваній акваторії, змінювалися в межах 0,68-2,15, що відповідає II-V класам якості вод, тобто «чисті»-«брудні». Порівняльна оцінка якості морських вод показала, що води північно-західної частини Чорного моря характеризуються в основному III класом, тобто «помірно забруднені». Також у досліджуваній акваторії в літній сезон року спостерігаються води, які класифікуються, як «брудні» (V клас якості води) і характеризуються індексами забрудненості вод 2,02-2,15. За допомогою отриманих значень сезонної мінливості ІЗВ побудована карта просторового розподілу індексів забруднення в акваторії північно-західного шельфу Чорного моря (рис.4).

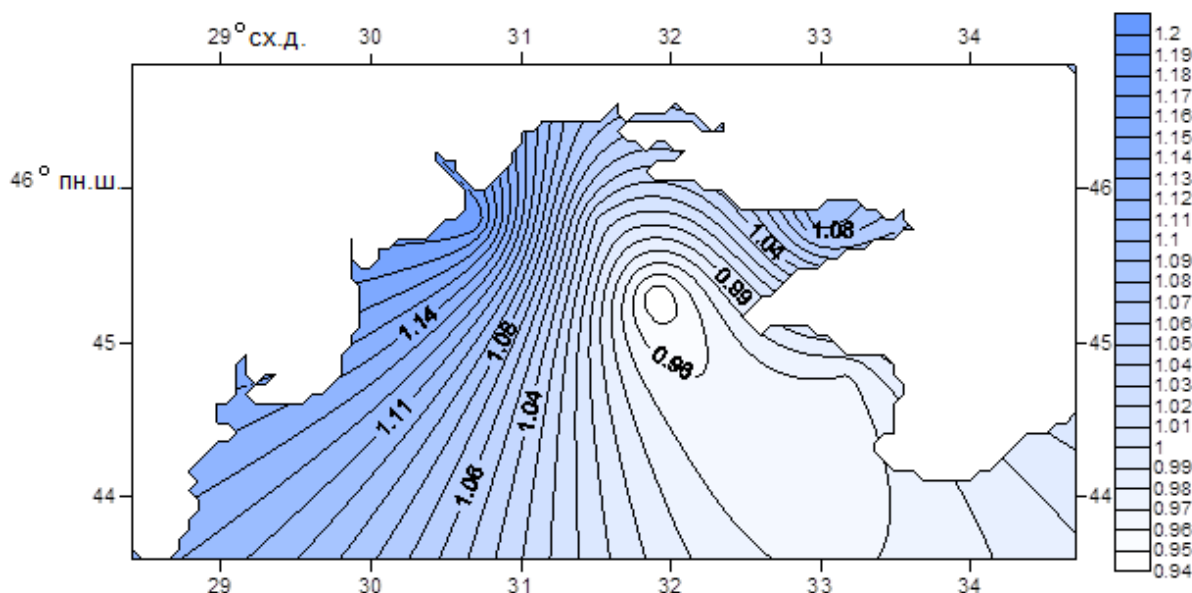


Рис.4. Просторовий розподіл значень ІЗВ в північно-західній частині Чорного моря

Просторовий розподіл значень ІЗВ показав, що найбільше забруднення спостерігається в Дунайському і Дністровському районах, де ІЗВ спостерігається в межах 1,11-1,2. Аналізуючи отримані результати ІЗВ в північно-західному шельфі Чорного моря виявлено, що в 70% випадків спостерігається III клас якості вод, що відповідає помірно забрудненим водам (табл. 3).

Таблиця 3. Повторюваність класів якості вод

Клас якості вод		Число випадків, %
Дуже чисті	I	0
Чисті	II	8,5
Помірно забруднені	III	70,4
Забруднені	IV	1,4
Брудні	V	20
Дуже брудні	VI	0
Надзвичайно брудні	VII	0

Найбільший внесок у забруднення північно-західної частини Чорного моря вносять іони нітритів, що становить 60% від усіх досліджуваних спостережень. Оскільки основним джерелом надходження у водойми сполук азоту є річковий стік, господарсько-побутові стічні води, тому в аеробних умовах відбувається процес біологічної трансформації. Сечовина окиснюється уробактеріями в аміак,

амоніфікуючі бактерії окиснюють аміак до нітритів, а останні нітрофікуючими бактеріями до кінцевого стабільного забруднення нітратами. Проведені дослідження показали, що основний внесок у забруднення вод північно-західного шельфу Чорного моря вносить вміст нітритного азоту, який вказує на свіже забруднення даної акваторії. Побудована карта просторового розподілу нітритного азоту у водах північно-західної частини Чорного моря (рис. 5). У Дністровському районі, в якому спостерігались максимальні концентрації нітритів, діапазон мінливості концентрацій склав величини від аналітичного нуля до 94,9 мкг/дм³. Середні багаторічні концентрації нітритів значно менші: для пригирлових районів вони складають відповідно для Дунайського, Дністровського і Дніпро-бузького районів значення – 8-29 мкг/дм³. Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладання органічних залишків в умовах більш повільного окислювання нітритів до нітратів, що показує на забруднення водойми, тобто є важливим санітарним показником.

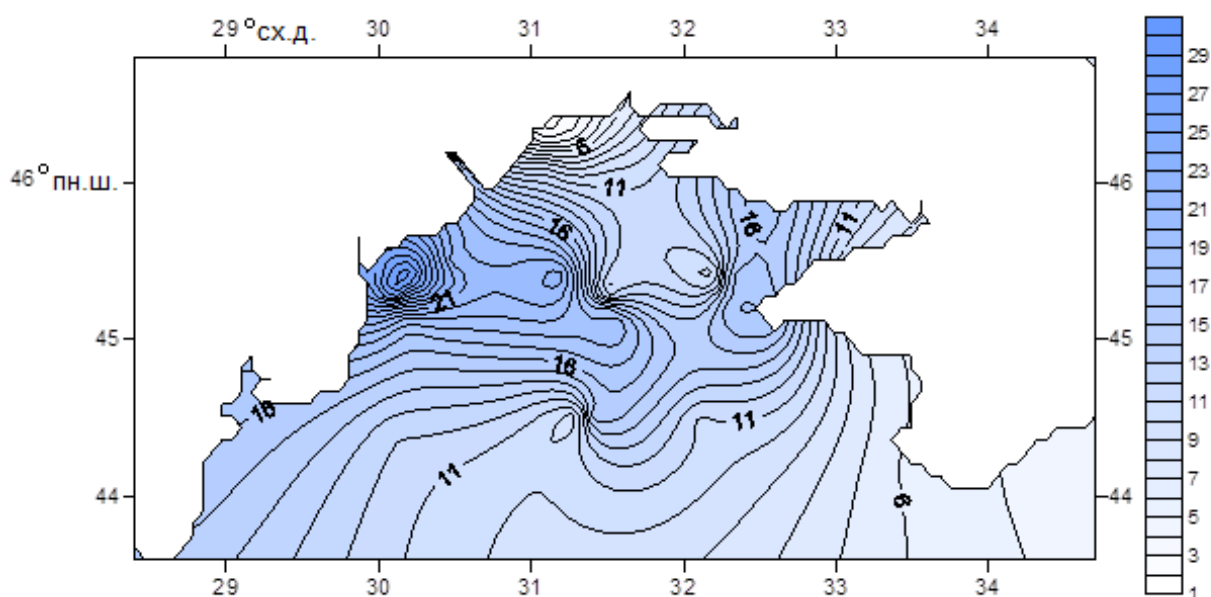


Рис.5. Просторовий розподіл нітритного азоту (мкг/дм³) в поверхневому шарі північно-західної частини Чорного моря

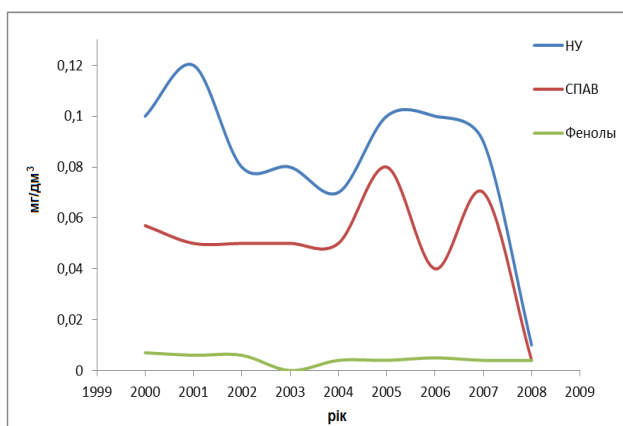
Поява нітритів у підвищених кількостях можлива в районах спуску у воду стічних вод підприємств. Крім цілей оцінки якості вод, інформація про розподіл та зміни концентрації нітритів являє інтерес при вивченні процесів самоочищення водойм, а також в гідробіологічних та мікробіологічних дослідженнях.

Оскільки для розрахунку індексу ІЗВ використовувались дані концентрацій найбільш значних забруднювальних речовин, доцільно було розглянути міжрічну мінливість концентрацій різних хімічних забруднювальних речовин у водах північно-західного шельфу Чорного моря за період 2000-2008 рр (рис.6).

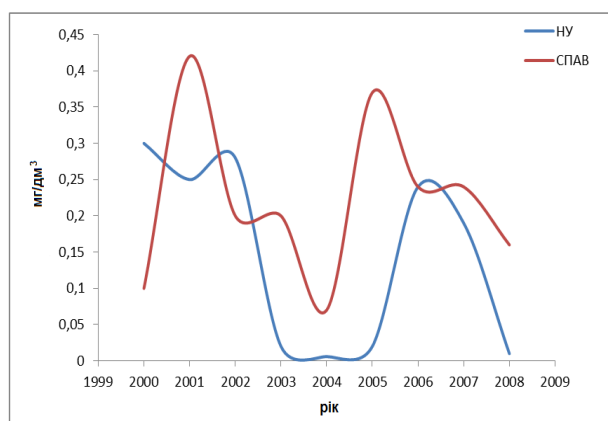
В останні роки значно зросла кількість речовин, що потрапляють у воду для використання боротьби з нафтою, наприклад детергентів, токсичність яких перевищує токсичність самої нафти. Детергентами є СПАР і звичайно накопичуються на межі розділу океану з атмосферою.

Розглядаючи міжрічну мінливість концентрацій різних хімічних забруднювальних речовин у досліджуваній акваторії досить чітко простежується

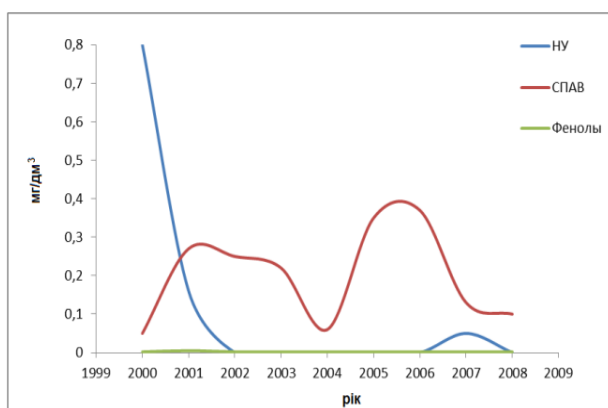
синхронний розподіл нафтових вуглеводнів і синтетичних поверхнево-активних речовин (рис.6).



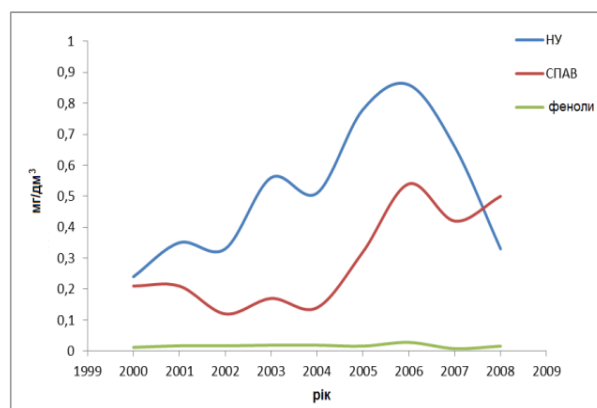
а)



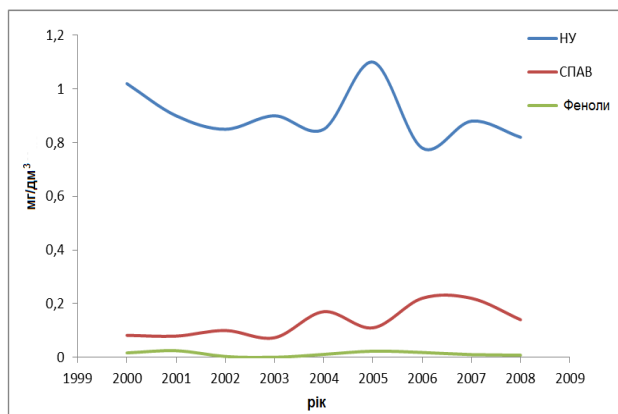
б)



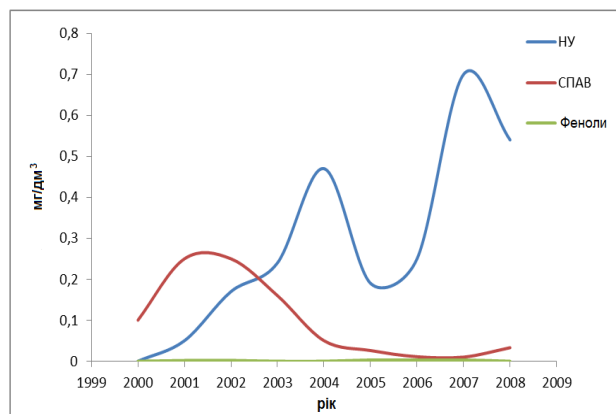
в)



г)



д)



е)

Рис.6. Міжрічна мінливість концентрацій нафтових вуглеводнів (НВ), синтетично поверхнево-активних речовин (СПАР), фенолів: а) акваторія дельти р. Дунай, б) Сухий лиман, в) вхідний канал і очисні споруди м. Іллічівськ, г) акваторія порту Одеса, д) гирло р. Південний Буг, е) акваторія порту Ялта

Потрапляючи у водойми СПАР виснажують запас розчиненого у воді кисню (витрачається на окиснення детергентів) і підвищують концентрацію нафтових вуглеводнів, за рахунок емульгування останніх у поверхневих плівках СПАР. Виявлений взаємозв'язок між СПАР і нафтовими вуглеводнями ($r_{xy}=0,68$), де чітко простежується спочатку збільшення СПАР, потім нафтових вуглеводнів (рис.6). Найбільш забрудненими районами нафтовими вуглеводнями є акваторії дельти р. Дунай, порту Одеса, гирло р. Південний Буг, де концентрації досягають 0,7-1,1 мг/дм³, що складає 14 – 22 ГДК). Найбільш забрудненими районами СПАР є акваторії порту Одеса, де концентрації досягають 0,5 мг/дм³, що становить 5 ГДК; Сухого лиману (до 0,45 мг/дм³ – 4,5 ГДК); вхідного каналу і очисних споруд м. Іллічівськ (0,05-0,39 мг/дм³). Розглянута також міжрічна мінливість розподілу фенолів, які є високотоксичними сполуками і дуже негативно впливають на живий організм. Джерелами надходження фенолів у морське середовище можуть бути господарсько-побутові, промислові і сільськогосподарські стічні води, аварійні розливи, витоки при транспортуванні, а також перенос повітрям внаслідок випаровування з поверхні води і ґрунту. Крім того, в об'єктах морського середовища присутні феноли природного походження, продукovanі морськими водоростями – макрофітами. Найбільш забрудненою акваторією фенолами є район порту Одеси і акваторія дельти р. Дунай де концентрації досягають 0,010 мг/дм³, що становить 10 ГДК. Таким чином, оцінка якості вод за гідрохімічними показниками показала ступінь забрудненості вод північно-західної частини Чорного моря. Показано, що на стан забруднення вод впливають як техногенні так і природні джерела. Найбільший вплив на забруднення вод чинять антропогенні джерела, до яких належать господарсько-побутові, промислові і сільськогосподарські стічні води, аварійні розливи і т. д.

Висновки. Виконана оцінка якості вод за гідрохімічними показниками показала, що акваторія північно-західної частини Чорного моря характеризується наступними класами якості води: у 8,5% випадків спостерігається II клас – «чисті»; 70% - III клас «помірно забруднені»; 1,4 % - IV клас «забруднені»; 20% - V клас «брудні». Виявлено, що найбільше забруднення спостерігається у Дунайському та Дністровському районах. Найбільший внесок з усіх досліджуваних гідрохімічних показників забруднення північно-західної частини Чорного моря вносять іони нітритів, що становить 60% від усіх досліджуваних спостережень. Виявлено взаємозв'язок між синтетично поверхнево-активними речовинами і нафтовими вуглеводнями ($r_{xy}=0,68$), де чітко простежується спочатку збільшення СПАР, потім нафтових вуглеводнів. Показано високий рівень забруднення нафтовими вуглеводнями акваторії дельти р. Дунай, порту Одеса, гирло р. Південний Буг, де концентрації нафти досягають 0,7-1,1 мг/дм³.

Список літератури

1. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря: довідковий посібник / І.Г. Орлова, М.Ю. Павленко, В.В. Український та ін. – К.: КНТ, 2008. – 616 с. 2. Михайлов В.І., Пятакова В.Ф., Монюшко М.М. „Вплив забруднюючих речовин, які надходять зі стоком Дунаю в екосистему північно-західної частини Чорного моря”/Вісник Одеського державного екологічного університету”, вип. 5, Одеса, 2008. 3. Айзатулин Т.А. Кинетика трансформации биогенных элементов и потребление кислорода в морской воде / Т.А. Айзатулин, А.В. Леонов // Океанология. – 1975. – Т. 15, Вып. 4. – С. 622-632. 4. Израэль Ю.А. Антропогенная экология океана / Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с. 5. Коршенко А.Н., И.Г. Матвейчук, Т.И. Плотникова, В.П. Лучков, В.С. Кирьянов. Качество морских вод по гидрохимическим показателям / Ежегодник. Москва, Метеоагентство Росгидромета, 2006 – 202 с.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

Оцінка якості вод за гідрохімічними показниками в акваторії північно-західного шельфу Чорного моря

Монюшко М.М.

Проведена оцінка якості вод за гідрохімічними показниками для акваторії північно-західного шельфу Чорного моря. Розраховані значення індексу забруднення вод, які дозволяють віднести води досліджуваного району до певного класу чистоти. Показаний високий рівень забруднення окремих акваторій нафтовими вуглеводнями.

Ключові слова: забруднюючі речовини, акваторія, Чорне море, гідрохімічний режим, оцінка якості вод, моніторинг, джерела забруднення.

Оценка качества вод по гидрохимическим показателям в акватории северо-западного шельфа Черного моря.

Монюшко М.М.

Проведена оценка качества вод по гидрохимическим показателям для акватории северо-западного шельфа Черного моря. Рассчитаны значения индекса загрязнения вод, которые позволяют отнести воды исследуемого района к определенному классу чистоты. Показанный высокий уровень загрязнения отдельных акваторий нефтяными углеводородами.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, акватория, Черное море, гидрохимический режим, оценка качества вод, мониторинг, источники загрязнения.

Assessment of water quality according to hydrochemical indicators in the waters of the northwestern shelf of the Black sea.

Moniushko M.

The evaluation of water quality on hydrochemical indicators for the waters of the northwestern shelf of the Black sea. The calculated values of index of water pollution, which allow classifying water of the study area to a specific cleanliness class. The high level of pollution of certain waters with oil hydrocarbons.

Keywords: pollutants, water area, Black sea, hydrochemical regime, water quality assessment, monitoring, sources of pollution.

Надійшла до редколегії 18.09.2015

УДК 556.114

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПІДЗЕМНОГО СТОКУ НА ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ РІЧКОВИХ ВОД УКРАЇНИ

Курило С.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

Курило О.Г.

ДП Українська геологічна компанія, Київська гідрогеологічна експедиція

Ключові слова: гідрохімічний режим, мінералізація, підземний стік, поверхневий стік

Вступ. Природний гідрохімічний режим багатьох річок України у значній мірі має схильність до трансформації, як під впливом тривалого антропогенного навантаження так і внаслідок зміни низки природних умов [1], що впливають на формування хімічного складу поверхневих вод. Одним з найбільш чутливих показників гідрохімічного режиму в цьому плані є мінералізація води та вміст головних іонів у річкових водах України. Як кліматичні умови так і антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище не є сталими в часі процесами тож цікаво прослідкувати яким чином їх зміни відбиваються на елементах гідрохімічного режиму поверхневих вод. Особливого значення набуває дослідження закономірностей зв'язку між ступенем зміни мінерального складу

річкових вод і фазами водності (водопілля, паводковий та меженний періоди), а також зв'язок гідрохімічного режиму із внутрішньорічним перерозподілом водного стоку, зокрема, із зміною частки підземного і поверхневого живлення у річному балансі.

Постановка завдання. У цьому зв'язку дослідження за багаторіччя стосувалися низки правобережних (Случ, Тетерів, Рось) та лівобережних (Десна, Сула, Псел, Ворскла) приток Дніпра, а також річок Західний Буг та Південний Буг. Оцінка трансформації хімічного складу і мінералізації річкових вод за багаторіччя виконувалася за модернізованою в 2006 р. В.К. Хільчевським та С.М. Курилом класифікацією О.О. Алекіна. Модернізація класифікації полягає у введенні до існуючих трьох рівнів ознак (клас, група, тип) четвертої ознаки - підтипу, який виділяється за відносним внеском класоутворюючих аніонів, а також додаванні до групи другого катіона, за умови його зростаючої ролі (понад 25 %-екв.) [2].

Проведені раніше дослідження [3-5] дозволили зробити висновки, що для абсолютної більшості річок характерним є значне зростання мінералізації води та зміна її якісного складу на рівні типів та підтипів. Найбільші зміни гідрохімічного режиму характерні для періоду весняного водопілля. Власне збільшення мінералізації води та зміна якісного складу спричинена в. основному зростанням вмісту сульфатних, хлоридних іонів та іонів натрію. Подібні зміни зазвичай пояснюються збільшенням антропогенного навантаження на водозбори річок і в меншій мірі впливом підземного стоку. Наші дослідження були спрямовані на оцінку вагомості впливу цих факторів на зміну вмісту головних іонів та величини мінералізації у природних водах.

Результати досліджень. Для вирішення поставленого завдання було виконано дослідження впливу зміни гідрогеологічних умов на формування гідрохімічного режиму річки Десна та оцінка залежності зміни мінералізації води від частки підземного стоку для річок Південний Буг та Тетерів.

Річка Десна. Територія Чернігівсько-Поліського гідрогеологічного району характеризується наявністю водоносних горизонтів по усьому розрізу осадових утворень від кайнозою до палеозою включно. Водоносні горизонти належать до верхньої частини розрізу Дніпровського басейну підземних вод у четвертинних, палеогенових і нижньокрейдових відкладах включно, знаходиться у зоні інтенсивного водообміну з денною поверхнею і містять прісні води. Підземні води віднесені, переважно, до витриманих за простяганням піщаних відкладів (на сході району) і до тріщинуватої мергельно-крейдяної товщі, які майже повсюдно розділені між собою регіонально витриманими водотривкими мергелями, глинами і алевроитами київської світи, більш монолітною мергельно-крейдяною товщею верхньої крейди, глинами юрського і тріасового віків. У зв'язку з цим більшість водоносних горизонтів і комплексів ізольовані один від одного. І лише там, де водотривкі відклади київської світи розмиті, води палеоценових, еоценових і четвертинних відкладень мають гідравлічний зв'язок між собою. Характерно, що високі дебіти і добрі фільтраційні властивості порід водоносного горизонту забезпечують добрий гідравлічний зв'язок з поверхневими водами басейну Десни і Сейму.

Водоносні горизонти, які формують підземну складову водного стоку річки мають наступні гідрохімічні характеристики. За хімічним складом води гідрокарбонатні кальцієві, гідрокарбонатні кальцієво-магнієві і гідрокарбонатні кальцієво-натрієві з мінералізацією від 0,26–0,45 до 0,52–1,0 г/дм³. Загальна жорсткість води змінюється від 7,9 до 10,6 мг/екв, рН 7,0–7,5. У деяких випадках

зустрічаються води гідрокарбонатно-хлоридні кальцієво-натрієві і хлоридно-сульфатні кальцієво-натрієві з мінералізацією 1,2–1,6 г/дм³ [6].

В якості вихідних даних були використані відомості про середньорічну мінералізацію води в річці Десна – м. Чернігів та багаторічні зміни середньорічного рівня ґрунтових вод у басейні річки (Чернігівсько-Поліський гідрогеологічний район) виражені у відсотках забезпеченості. Аналіз коливання рівня ґрунтових вод (РГВ) в межах басейну річки Десна засвідчив про суттєвий зв'язок між РГВ та величиною мінералізації води річки. Періоди максимально високого рівня ґрунтових вод збігаються з періодами підвищеної мінералізації води у річці (рис 1.). За досліджуваний часовий проміжок чітко виділяються принаймні чотири подібних періоди.

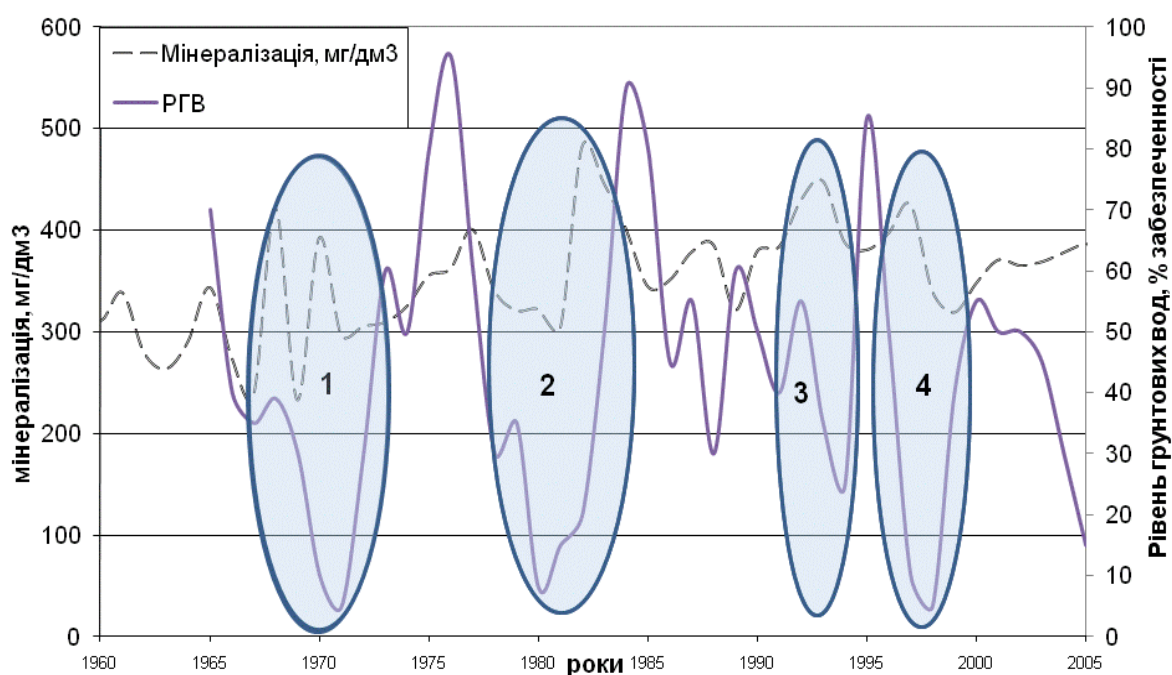


Рис.1. Співвідношення між зміною мінералізації річкової води та рівнем ґрунтових вод в басейні р. Десна

Річки Південний Буг та Тетерів. Окремо проведені розрахунки по виявленню взаємозв'язку між часткою підземного стоку та середньою річною мінералізацією води річок. Дослідження показали пряму залежність між цими характеристиками гідрологічного режиму річок. Для отримання відомостей про величину об'єму підземного стоку річок Південний Буг і Тетерів було виконано розділення гідрографу стоку річок на підземну і поверхневу складову водного стоку за окремі роки в межах періоду дослідження. Так при аналізі змін внутрірічного розподілу стоку за складовими живлення річок та мінералізації води для р. Південний Буг зафіксована пряма значуща залежність між середньою річною мінералізацією води та об'ємами підземного стоку (табл.1, рис 2.).

Як ми можемо бачити на графіку значення мінералізації має значну залежність залежить від об'єму підземного стоку. При зростанні об'ємів підземного стоку спостерігається і тенденція до збільшення мінералізації. У періоди де відсоток підземного стоку зменшується – мінералізація також починає зменшуватися.

Таблиця 1. Залежність мінералізації від об'єму підземного стоку для р. Південний Буг – смт Олександрівка

Рік	Об'єм підземного стоку, км ³	Об'єм підземного стоку, %	Мінералізація, мг/дм ³
1951	0,70	35,1	452,7
1957	0,79	36,0	545,5
1985	2,35	56,5	699,0
1993	0,62	50,8	620,0
2009	1,05	44,2	750,5
2011	0,88	39,5	641,8

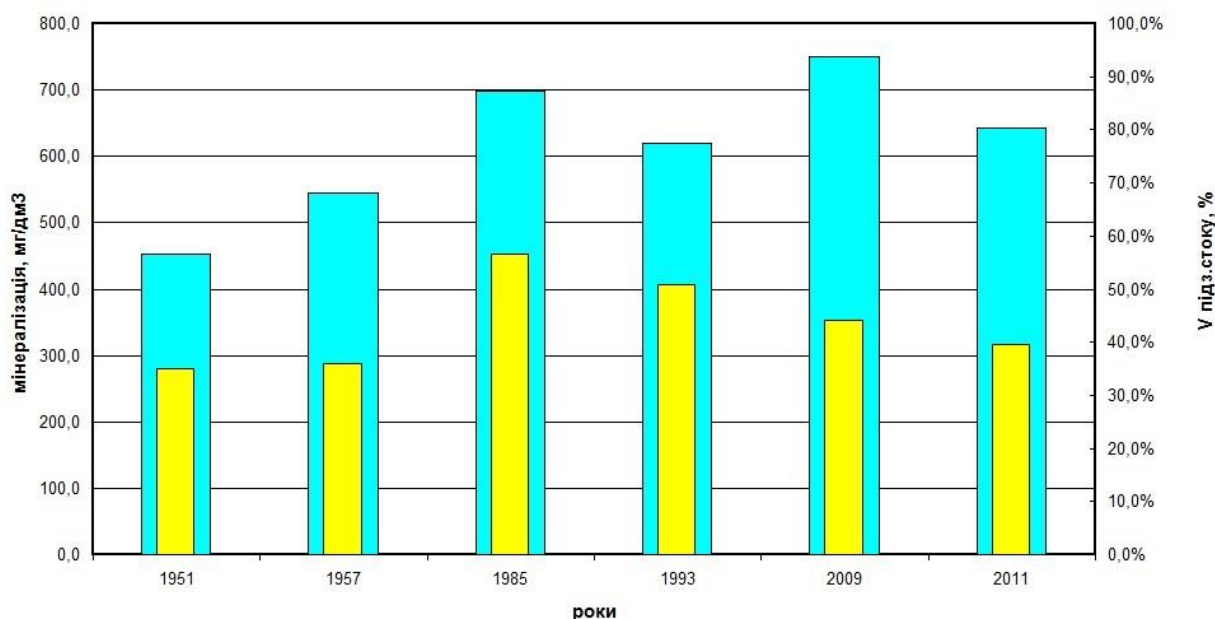


Рис.2. Співвідношення між зміною мінералізації та об'єму підземного стоку р. Південний Буг – смт Олександрівка.

Мінімальним об'ємам мінералізації відповідають і мінімальні об'єми підземного стоку. Коефіцієнт кореляції між двома масивами даних становить $r = 0,7$, що відповідає значним залежностям.

Подібні результати отримані і для річок Західний Буг та Тетерів (табл. 2).

Таблиця 2. Залежність мінералізації від об'єму підземного стоку для р. Тетерів – м. Житомир

Рік	Підземне живлення, %	Середня річна мінералізація, мг/дм ³	Кореляція «підземний стік-мінералізація»
1967	24,4	380,2	0,78
1973	25,7	434	
1980	33,8	588,9	
1990	26,8	528	
1996	37	676,3	
1997	27,9	556,2	
2002	29	429	
2010	31,1	475,1	

Для них при збільшенні величини підземного стоку спостерігається зростання показника мінералізації води. Найменші значення мінералізації відповідають найменшим значенням об'єму підземного стоку.

Отримані результати мають і прикладне значення для коригування методик визначення антропогенної складової у іонному стоці річок. Зазвичай вони базуються на прийнятті початку періоду (умовний природний фон) гідрохімічних спостережень за період мінімального антропогенного навантаження на річковий басейн.

Це, в основному, передвоєнні та повоєнні роки минулого сторіччя. Вплив господарської діяльності людини у цей період на іонний стік річок вважається мінімальним. Надалі, враховуючи коливання водності, зміна вмісту хлоридних, сульфатних іонів та іонів натрію, калію та магнію вважається індикатором антропогенного навантаження на водозбірні площі. Зміна концентрацій гідрокарбонатів та іонів кальцію є незначною оскільки контролюється гідрокарбонатно-кальцієвою рівновагою у водному середовищі. При використанні подібних методик нерідко виявляються випадки коли спостерігається зменшення концентрацій іонів і мінералізації до значень менше „відносних фонових”, які не отримують чітких пояснень. Нерідкими є випадки коли концентрації головних іонів індикаторів антропогенного забруднення зростають при зменшенні обсягів водокористування та інших ознак антропогенного впливу. З наведеного вище можна зробити висновок, що існує необхідність внесення певних коректив у існуючі методики оцінки антропогенного навантаження на річкові басейни. При розрахунках антропогенного внеску у іонний стік річок необхідно враховувати не тільки середню річну водність але і співвідношення підземної і поверхневої складової водного стоку у оціночні періоди. Оскільки, як показали проведені дослідження, при однаковій водності це співвідношення може бути різним. Що неминуче вплине на гідрохімічний режим річки і, відповідно, на оцінку величини антропогенної складової.

Висновки. Виявлені гідрохімічні зміни можна пояснити зменшенням обсягу поверхневого водного стоку під час весняної повені і зростанням його в меженні періоди, що пов'язано з кліматичними змінами. Відповідно, зростає роль підземного живлення в цей час. При зростанні об'ємів підземного стоку спостерігається і тенденція до збільшення мінералізації. У періоди де відсоток підземного стоку зменшується – мінералізація також починає зменшуватися.

Зростання мінералізації річкових вод відбувається в основному за рахунок збільшення вмісту сульфатних, хлоридних іонів та іонів натрію. Але не завжди це можна інтерпретувати як ознаку зростання антропогенного впливу, велику роль відіграють процеси внутрішньорічного розподілу стоку і зміна частки різних видів живлення у внутрішньорічному балансі стоку.

Отримані результати мають і прикладне значення для коригування методик визначення антропогенної складової у іонному стоці річок. При розрахунках антропогенного внеску у іонний стік річок необхідно враховувати не тільки середню річну водність але і співвідношення підземної і поверхневої складової водного стоку у оціночні періоди.

Перелік посилань

1. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). / В.В. Гребінь - К.: Ніка-Центр, 2010.- 316 с.
2. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії: Підручник. / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило - К.: Ніка-центр, 2012. - 312 с.
3. Хільчевський В. К. Аналіз багаторічних змін мінералізації і вмісту головних іонів у воді

лівобережних приток басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, С.М. Курило // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.24. - С.9-17. **4. Курило С.М.** Аналіз багаторічних змін мінералізації і вмісту головних іонів у воді лівобережних приток басейну Дніпра / С.М. Курило, О.О. Винарчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2012.–Т.24.-С.9-17. **5. Курило С.М.** Аналіз багаторічної трансформації хімічного складу річкових вод України / С.М. Курило, В.К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук.збірник.- – 2014. – Т. 2(33). - С. 17-28. **6. Рубан С.А.** Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України / С.А. Рубан, М.А. Шинкаревський – К.: УКРДГРІ, 2005.-572 с.

Оцінка впливу підземного стоку на гідрохімічний режим річкових вод України

Курило С.М., Курило О. Г.

Проаналізовано багаторічні зміни гідрохімічного режиму річок України. Встановлено основні тенденції трансформації хімічного складу річкових вод, а також їх зв'язок з гідрогеологічним режимом.

Ключові слова: гідрохімічний режим, підземний стік, поверхневий стік.

Оценка влияния подземного стока на гидрохимический режим рек Украины

Курило С.М., Курило О.Г.

Проанализированы многолетние изменения гидрохимического режима рек Украины. Установлены основные тенденции трансформации химического состава речных вод, а так же их связь с гидрогеологическим режимом.

Ключевые слова: гидрохимический режим, подземный сток, поверхностный сток.

Influence of base flow on the hydrochemical regime of river waters of Ukraine

Kurilo S., Kurilo O.

The article researched the long-term changes in the chemical composition of rivers in Ukraine. The trend of increasing salinity of river water is detection.

Main changes are taking place in the spring. The main factor there is an increased part of groundwater flow.

Keywords: hydrochemical regime, surface flow, base flow.

Надійшла до редколегії 02.10.2015

УДК 556.114.6 (571.15)

Шерстюк Н.П.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ВПЛИВ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ КРИВОРІЗЬКОГО НА МІГРАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ВОДІ РІЧОК САКСАГАНЬ ТА ІНГУЛЕЦЬ

Ключові слова: *гірничо-видобувна промисловість, коефіцієнт водної міграції, мікроелементи, ряди міграції.*

Вступ. З початку промислового освоєння залізрудних родовищ, з кінця XIX ст., у Криворізському суттєво змінилися характер та інтенсивність надходження в гідросферу хімічних елементів, що обумовлено техногенним переміщенням великих мас гірських порід з їхнім наступним перерозподілом у відвалах, гідровідвалах і хвостосховищах, водовідливом з кар'єрів і шахт, скидами виробничих стічних вод збагачувальних фабрик і хвостосховищ, поверхневим зливом з території гірничих відвалів і т.п.

Промисловий комплекс Криворізського на початок XXI ст. видобуває щорічно до 190 млн. т сирової залізної руди і переробляє її в 70 млн. т товарної продукції. Зараз тут діють 9 шахт, 4 гірничо-збагачувальних комбінати, що ведуть видобуток руди на 9 кар'єрах. Усього з початку промислового освоєння надр Кривбасу видобуто 5,5 млрд. т залізрудної сировини. Всі розвідані запаси залізистих кварцитів становлять 21,8 млрд. тонн, а прогнозні ресурси оцінюються більш ніж у 19 млрд. тонн [1].

Видобуток залізної руди супроводжується постійним відкачуванням підземних вод з кар'єрів та шахт, щорічно відкачується близько 50 млн. м³ високомінералізованих вод (12,0 – 30,0 г/дм³), до складу яких входять важкі метали й інші забруднюючі речовини.

Відповідно до умов експлуатації шахт та кар'єрів високомінералізовані шахтні води накопичуються у хвостосховищах, ставках-накопичувачах і у холодну пору року скидаються у рр. Інгулець та Саксагань згідно з регламентом [2].

Зараз в Інгулець скидається приблизно 0,20 км³ шахтних вод Північного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК), 0,15 км³ з Інгулецького ГЗК, ставка-накопичувача балки Свистунова та стічних вод з очисних споруд міста.

Однак, окрім регламентних скидів, які впливають на хімічний склад води у річках, іноді відбуваються аварійні скиди. Так, 9 червня 2015 р. відбувся аварійний скид шахтних вод шахти «Батьківщина» у р. Саксагань через переповнення відстійників.

Питання про геохімічну рухливість хімічних елементів в умовах зони гіпергенезу найбільш повно розробив О.І. Перельман [3], який дослідив основні фактори рухливості, оцінив інтенсивність водної міграції, запропонував методи її визначення, установив різноманітність міграції в різних геохімічних умовах, розробив гідрохімічну класифікацію елементів, визначив класи водної міграції, класифікував геохімічні бар'єри й т.д.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

Однак виявлення закономірностей міграції елементів у воді водних об'єктів певних регіонів на теперішній час не розроблене, а саме, не дослідженні міграційні властивості мікроелементів у річках районів гірничодобувної промисловості (Інгульця та Саксагані).

Вихідні передумови. Вихідними даними для проведення даного дослідження є результати гідрохімічних спостережень, які виконуються як на державному (Гідрометцентр України), так і на локальному рівнях (екологічні служби областей, міст, окремих підприємств). Виявлення особливостей міграції мікроелементів у таких установах не проводяться, частіше за усе виконується аналіз перевищення вмісту певного елементу його граничнодопустимим концентраціям (ГДК).

Проблема міграції мікроелементів у поверхневих водах, особливо в районах найбільш техногенно забруднених, а саме гірничодобувних, складна й маловивчена. На природні гідролого-гідрохімічні особливості водного об'єкта в цьому випадку впливають зміни в геохімії усього ландшафту [1].

Попередніми дослідженнями вивчено особливості міграцій головних іонів у воді водних об'єктів на території Північного гірничо-збагачувального комбінату (Криворіжжя) та виявлено, що міграційні властивості хлорид- і сульфат-іонів, іонів натрію завищені, а іонів кальцію – занижені [4].

Коефіцієнт водної міграції – універсальний показник, який можна застосовувати для оцінки міграційних властивостей будь-яких елементів та виявлення не тільки певних закономірностей формування мікроелементного складу поверхневих вод, а й оцінки їх забруднення.

Формулювання цілей статті, постановка завдання. Мета дослідження – аналіз особливостей міграційних властивостей заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді річок Інгuleць та Саксагань. Для цього було застосовано методи геохімії ландшафту [3].

Виклад основного матеріалу дослідження. Річка Інгuleць та Саксагань на даний час є достатньо вивченими та описані у монографіях [1,5]. Ці річки протікають по Криворіжжю – території активного видобутку та збагачення залізної руди, їх гідролого-гідрохімічний режим суттєво змінений у результаті будівництва водосховищ (Макортівського та Кресівського – на Саксагані, Карачунівського – на Інгuleці), скиданням високомінералізованих шахтних вод.

Інгuleць у верхній течії протікає по Кіровоградській області й має певне техногенне навантаження. Протягом 15 км течії річки по Кривому Розі у неї потрапляють води Саксагані, промислові стічні води металургійного, коксохімічного й гірничо-цементного комбінатів, а також двох ГЗК – Південного й Новокриворізького.

Верхній досліджуваний відрізок річки зрегульований дамбами Карачунівського та Іскрівського водосховищ. Через забруднення річкових вод промисловими стоками для водозабезпечення Кривбасу побудовано канал Дніпро – Інгuleць, який бере свій початок у районі Кременчука.

На теперішній час щорічний середній обсяг стоку Інгuleця біля верхів'я (у передмісті Кривого Рогу до впадіння в нього Саксагані) становить приблизно 0,24 км³. Причому це в основному вода з Дніпра, яку подають каналом Дніпро – Інгuleць із Кременчуцького водосховища.

Відповідно до розпорядження Кабміну було дозволено скидання надлишку промислових шахтних вод зі ставка-накопичувача Криворізького басейну в Інгuleць із 1 листопада 2014 р. по 1 березня 2015 р. У 2014 р. було скинуто в річку із ставка-накопичувача в балці Свистунова 12,7 млн м³ води з

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

мінералізацією до 38 г/дм³. Після скидання шахтних вод з березня починається промивка Інгульця водою з Карачунівського водосховища, яке поповнюється водою з каналу Дніпро – Інгулець через Іскрівське водосховище. Цей захід триває до середини серпня.

Саксагань – річка в південно-східній частині Придніпровської височини, ліва притока Інгульця, типова степова маловодна річка з широкою плоскою правобережною долиною і високим лівим схилом. Швидкість течії незначна. Природний режим річки сильно змінений регулювальним впливом дамб, скиданням шахтних і промислових вод, а також відбиранням води для технічних потреб. Найбільші витрати води Саксагані досягають 240 м³/с. Стік річки регулюють Макортівське і Кресівське водосховища, розташовані відповідно вище і нижче району ПівнГЗКа. Реалізовано проект щодо зміни русла Саксагані: побудовано відвідний тунель довжиною понад 5300 м від Дзержинського водосховища до Інгульця. У районі тунелю рух води в річці утруднений, має дуже низьку швидкість.

У 2013 р. у Саксагань та Інгулець скинуто 17,5 млн м³ стічних вод, у тому числі шахтних, без очищення [6].

Очищення шахтних вод – актуальна екологічна проблема, яку сьогодні не вирішують через відсутність економічно вигідних способів очищення. У шахтних водах виявлено стронцій, манган, титан, мідь, срібло, нікель, хром, свинець, кобальт [7].

Аналіз вмісту важких металів (заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію) здійснено за результатами гідрохімічних спостережень Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за чотирма пунктами спостережень на Саксагані та п'ятьма – на Інгульці (рис. 1). Спостереження проводили з 2006 по 2014 р. один раз на рік.

Один із найвідоміших методів визначення рухливості хімічних елементів, запропонованих О.І.Перельманом, – коефіцієнт водної міграції K_x , який розраховують за формулою [3]

$$K_x = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x},$$

де m_x – вміст елемента X у воді, мг/дм³; n_x – вміст X у породах, %; a – мінералізація (сухий залишок), мг/дм³.

Часто замість вмісту елемента в підстільних породах застосовують кларк елемента в літосфері. Така заміна дозволяє оцінити положення елемента в рядах міграції.

Коефіцієнт водної міграції за О.І. Перельманом характеризує умовну швидкість виносу хімічних елементів відносно їх кларкового вмісту в гірських породах.

Чим вище K_x , тим інтенсивніше елемент виводиться з порід, і тим вища його водна міграція в розчині. Даний коефіцієнт дозволяє порівнювати інтенсивність міграції хімічних елементів, що мають досить різні кларки. У разі виносу з породи певної кількості іона хлору одночасно виноситься еквівалентна кількість іона натрію (або іншого катіона – кальцію, магнію). Однак на міграційну здатність натрію це майже не впливає, тому що кларк натрію становить 2,5 %, хлору – $1,7 \cdot 10^{-2}$ %. Проте О.І. Перельман обмежує застосування даного коефіцієнта для підземних вод і пропонує послуговуватися ним для оцінки водної міграції елементів у ландшафті, а саме в поверхневих водах.

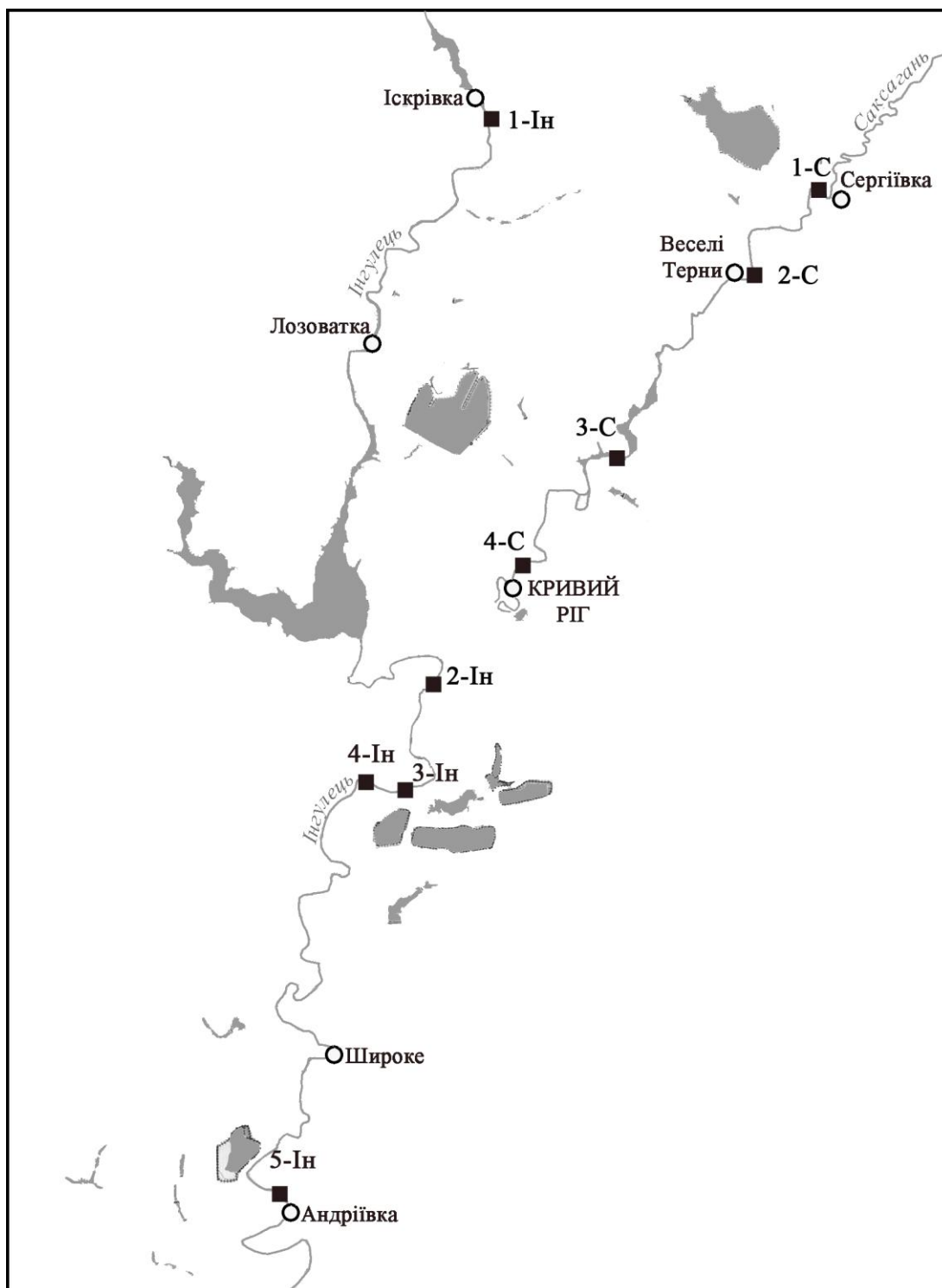


Рис. 1. Картосхема розташування водних об'єктів і пунктів спостереження в районі Криворізького залізорудного басейну.

Умовні позначення: 1-Ін – с. Іскрівка, у межах населеного пункту (н.п.), 200 м нижче греблі Іскрівського вдсх; 2-Ін – у межах Кривого Рогу, 500 м нижче впадіння Саксагані; 3-Ін – у межах міста, вище скидань по б. Грушовата; 4-Ін – у межах міста, нижче скидань по б. Грушовата; 5-Ін – с. Андріївка, у межах н.п.; 1-С – с. Сергіївка, в межах н.п.; 2-С – с. Веселі Терни, у межах н.п.; 3-С – Кривий Ріг, у межах міста нижче греблі Кресівського вдсх; 4-С – у межах міста, 5 км вище впадіння в Інгулець

Крім того, досліджувані елементи важливі для біоти. Відповідно до класифікації О.І. Перельмана цинк належить до групи елементів, які суттєво накопичує біота. Манган, мідь, нікель, кобальт, кадмій слабо накопичує та середньо захоплює; залізо слабо захоплює, а хром надзвичайно слабо захоплює біота.

При дослідженні міграційних властивостей мікроелементів необхідно звернути увагу на такі важливі геоекологічні закони [1]:

- Закон рівнозначності умов життя, тобто усі названі мікроелементи відіграють важливу роль в обміні речовин живих організмів, є необхідними для їх правильного розвитку та життєдіяльності;
- Закон толерантності, тобто фактором, що лімітує розвиток системи може бути як мінімум, так і максимум вмісту певного мікроелементу.

Міграційні властивості мікроелементів у воді річок Інгулець та Саксагань оцінені за коефіцієнтом водної міграції для заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію (табл.1). Також для порівняння та оцінки впливу гірничо-видобувної промисловості на міграційні властивості мікроелементів у табл. 1 наводяться коефіцієнти водної міграції у Дніпрі за пунктом спостереження у м. Верхньодніпровськ, на 1 км нижче населеного пункту.

Для всіх елементів їх коефіцієнт більший у воді Інгульця, ніж у воді Саксагані (за середніми значеннями). При цьому по Інгульцю K_x суттєво зменшується за течією в результаті збільшення мінералізації води в річці, що, у свою чергу, безпосередньо пов'язано зі скиданням в Інгулець високомінералізованих шахтних вод [1]. При цьому слід зазначити, що така закономірність не зберігається для хрому, свинцю, нікелю, кобальту та кадмію. Отже, можна вважати, що дані елементи потрапляють в Інгулець з об'єктів гірничодобувної промисловості (надходження елементів у повітря, ґрунти та ґрунтові води).

Стосовно Саксагані спостерігається зворотна ситуація, коли K_x помітно збільшується за течією для міді, цинку, хрому, нікелю, кобальту, тобто із віддаленням від Північного ГЗК (пункт спостереження – 1-С).

У воді Саксагані зменшуються міграційні властивості цинку (0,11 – Інгулець; 0,04 – Саксагань) та свинцю (0,32 – Інгулець; 0,17 – Саксагань) відповідно у 2,5 і 2 рази.

У воді Дніпра міграційні властивості усіх мікроелементів значно вище, ніж Інгульця та Саксагані.

Ряди міграції за пунктами спостережень Інгульця, Саксагані та Дніпра наведені у табл. 2.

Порівняння середніх багаторічних значень коефіцієнтів міграції мікроелементів у воді річок Інгульця, Саксагані та Дніпра дозволяють виявити такі ознаки впливу гірничо-видобувної промисловості:

- збільшуються міграційні властивості хрому та нікелю у воді Саксагані та нижній течії Інгульця порівнянно з ділянкою Інгульця, яка знаходиться під впливом дніпровської води з каналу Дніпро – Інгулець (пп. 1-Ін, 2-Ін). Така ситуація повністю співпадає зі схемою скидів виробничих стічних вод наведених у [1];

- відносно високі коефіцієнти водної міграції кобальту у воді Інгульця та Саксагані порівняно з Дніпром вказують на регіональні геохімічні особливості, що може бути пов'язано з його надходженням в результаті впливу інших видів господарської діяльності або бути природним фоном, що потребує подальших досліджень.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів водної міграції мікроелементів у воді річок Інгулець та Саксагань (2006 – 2014)

№ на картосхемі	Коефіцієнт водної міграції									
	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	
р. Інгулець										
1-Ін	<u>0,0041...0,0005</u> 0,0024	<u>1,29...1,06</u> 1,18	<u>0,23...0,19</u> 0,21	<u>0,2...0,013</u> 0,05	<u>0,086...0,033</u> 0,046	<u>0,63...0,42</u> 0,53	<u>0,47...0,21</u> 0,43	<u>0,86...0,25</u> 0,63	<u>0,033...0,009</u> 0,0023	
2-Ін	<u>0,0036...0,0008</u> 0,023	<u>1,81...0,79</u> 1,12	<u>0,17...0,09</u> 0,12	<u>0,2...0,019</u> 0,1	<u>0,061...0,022</u> 0,038	<u>1,3...0,31</u> 0,68	<u>0,82...0,27</u> 0,47	<u>1,39...0,27</u> 0,74	<u>0,42...0,077</u> 0,19	
3-Ін	<u>0,0022...0,0004</u> 0,0014	<u>1,09...0,34</u> 0,7	<u>0,12...0,07</u> 0,08	<u>0,16...0,07</u> 0,08	<u>0,031...0,017</u> 0,022	<u>0,31...0,16</u> 0,24	<u>0,56...0,17</u> 0,39	<u>0,81...0,19</u> 0,54	<u>0,33...0,046</u> 0,15	
4-Ін	<u>0,0022...0,0004</u> 0,0013	<u>1,0...0,36</u> 0,49	<u>0,08...0,044</u> 0,055	<u>0,11...0,06</u> 0,07	<u>0,024...0,012</u> 0,016	<u>0,21...0,13</u> 0,16	<u>0,35...0,11</u> 0,25	<u>0,54...0,11</u> 0,39	<u>0,24...0,041</u> 0,11	
5-Ін	<u>0,0021...0,0004</u> 0,0014	<u>1,16...0,23</u> 0,45	<u>0,092...0,044</u> 0,061	<u>0,076...0,052</u> 0,064	<u>0,022...0,011</u> 0,014	<u>0,23...0,1</u> 0,18	<u>0,32...0,11</u> 0,26	<u>0,48...0,13</u> 0,29	<u>0,19...0,044</u> 0,096	
р. Саксагань										
1-С	<u>0,0042...0,0006</u> 0,0013	<u>0,54...0,16</u> 0,37	<u>0,044...0,028</u> 0,039	<u>0,096...0,052</u> 0,067	<u>0,026...0,016</u> 0,019	<u>0,25...0,08</u> 0,15	<u>0,26...0,14</u> 0,18	<u>0,39...0,07</u> 0,21	<u>0,15...0,054</u> 0,11	
2-С	<u>0,0016...0,0005</u> 0,0009	<u>0,59...0,18</u> 0,37	<u>0,06...0,024</u> 0,041	<u>0,11...0,04</u> 0,071	<u>0,028...0,017</u> 0,022	<u>0,27...0,1</u> 0,16	<u>0,26...0,14</u> 0,17	<u>0,39...0,07</u> 0,21	<u>0,15...0,051</u> 0,11	
3-С	<u>0,0032...0,0009</u> 0,0013	<u>0,52...0,25</u> 0,48	<u>0,052...0,028</u> 0,043	<u>0,076...0,04</u> 0,062	<u>0,025...0,017</u> 0,019	<u>0,25...0,1</u> 0,19	<u>0,39...0,11</u> 0,25	<u>0,48...0,13</u> 0,29	<u>0,17...0,051</u> 0,12	
4-С	<u>0,0028...0,0003</u> 0,0012	<u>0,82...0,16</u> 0,51	<u>0,052...0,036</u> 0,044	<u>0,088...0,056</u> 0,074	<u>0,023...0,017</u> 0,020	<u>0,29...0,13</u> 0,19	<u>0,39...0,13</u> 0,24	<u>0,48...0,13</u> 0,32	<u>0,15...0,061</u> 0,12	
р. Дніпро										
м. Верхньодніпровськ, 1 кмвишен.п.	<u>0,0123...0,0061</u> 0,0091	<u>4,86...2,14</u> 3,97	<u>0,482...0,28</u> 0,39	<u>0,34...0,14</u> 0,27	<u>0,11...0,07</u> 0,08	<u>1,07...0,71</u> 0,87	<u>1,38...0,64</u> 1,02	<u>0,95...0,64</u> 0,68	<u>0,92...0,24</u> 0,51	

* У чисельнику: максимальне та мінімальне значення; у знаменнику – середнє.

Таблиця 2. Ряди міграції мікроелементів у воді рр. Інгулець, Саксагань, Дніпро за середніми багаторічними значеннями

Пункт спостереження	Ряди міграції
р. Інгулець	
1-Ін	Fe<Mn<Cr<Zn<Cd<Ni<Pb<Co<Cu
2-Ін	Fe<Mn<Cr<Zn<Cd<Ni<Pb<Co<Cu
3-Ін	Fe<Mn< Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu
4-Ін	Fe<Mn< Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu
5-Ін	Fe<Mn< Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu
р. Саксагань	
1-С	Fe<Mn<Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu
2-С	Fe<Mn<Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu
3-С	Fe<Mn<Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu
4-С	Fe<Mn<Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu
р. Дніпро	
м. Верхньодніпровськ, 1 км вище н.п.	Fe<Mn<Cr<Zn<Cd<Co<Pb<Ni<Cu

Аналіз відповідності міграційних властивостей мікроелементів за рядами міграції проведений із застосуванням даних табл. 3 [8] .

Таблиця 3 Ряди міграції елементів у кисневих водах біосфери за О.І. Перельманом та Н.С. Касимовим

Ряд міграції	Інтенсивність міграції	Діапазон зміни коефіцієнта водної міграції (K_x)	Хімічні елементи
I	Дуже сильна	$n \cdot 10 - n \cdot 100$	S, Cl, B, Br, J
II	Сильна	$n - n \cdot 10$	Ca, Mg, Na, F, Sr, Zn, U, Mo, Se, Au
III	Середня	$0,1 \cdot n - n$	Si, K, Mn, P, Ba, Rb, Ni, Cu, Li, Co, Cs, As, Tl, Ra
IV	Слабка та дуже слабка	$0,01 \cdot n$ та менше	Al, Fe, Ti, Zr, Th та ін.

Порівнявши одержані коефіцієнти водної міграції з рядами міграції (табл. 3), можна виявити невідповідності в міграційних властивостях цинку та мангану. Цинк належить до елементів, що мають сильну міграцію у водах біосфери. Його K_x знаходиться в межах від 1 до 99, максимальне значення у досліджуваних водних об'єктах зафіксовано у воді Інгульця – 0,23, Дніпра – 0,48. Манган відносять до елементів, які мають середні міграційні властивості. Коефіцієнт міграції змінюється від 0,1 до 9, максимальне значення K_x виявлено у воді Інгульця – 0,086, Дніпра – 0,1. Таким чином, у ландшафтах басейнів Інгульця та Саксагані спостерігається суттєвий дефіцит цинку й мангану, що може негативно вплинути на розвиток біоти.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

Висновки. Оцінивши міграційні властивості заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді Інгульця та Саксагані, ми можемо зробити такі висновки:

- коефіцієнти водної міграції всіх компонентів мають більші значення у воді Інгульця, ніж у воді Саксагані;
- збільшення мінералізації води в річках в результаті скидання шахтних вод зменшує міграційні властивості компонентів;
- складено ряди міграції мікроелементів для досліджуваних річок, проаналізовані їх особливості;
- виявлено дефіцит цинку та мангану у воді даних водних об'єктів (цей факт слід враховувати під час складання медико-гігієнічних рекомендацій);
- коефіцієнт водної міграції – важливий інструмент дослідження водного об'єкта як елемента ландшафту.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розрахунок коефіцієнтів водної міграції мікроелементів по інших річках України з метою виявлення регіональних гідрохімічних особливостей або забруднення води річок.

Список літератури

1. *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. 2. *Шерстюк Н.П.* Вплив промивки р.Інгулець на перебіг гідрохімічних процесів та встановлення рівноваг / Н.П. Шерстюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Вип. 2(33). – С.28-36. 3. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. / А.И. Перельман - М.: Высшая школа, 1966. - 387 с. 4. *Шерстюк Н.П.* Вплив гірничо-збагачувальної промисловості на міграційні властивості головних іонів у поверхневих водах / Н.П. Шерстюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Вип. 4(21). – С.92 – 105. 5. *Хільчевський В. К.* Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу : Монографія / В.К. Хільчевський, Р.Л. Кравчинський, О.В. Чунарьов. – К.: Ніка-центр, 2012. – 180 с. 6. *Регіональна доповідь* про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2013, 2014 рр. / под ред. Р.О. Стрилець. – Дніпропетровськ: Монолит, 2014. – 352 с. 7. *Тяпкин О.К.* Некоторые аспекты улучшения геоэкологической обстановки Криворожского региона (Центральная Украина / О.К. Тяпкин, Н.С. Остапенко, И.Н. Подрезенко, Л.В. Бондаренко и др. // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В. А., Усова М. А., Урванцева Н. Н. до наших дней : Материалы Всероссийского форума с международным участием, посвященного 150-летию академика Обручева В. А., 130-летию академика Усова М. А. и 120-летию профессора Урванцева Н. Н., 24-27 сентября 2013 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . – Томск. : Изд-во ТПУ , 2013 . – С. 577-581. 8. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафтов / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М.: МГУ, 1999. – 612 с.

Вплив гірничо-видобувної промисловості Криворіжжя на міграційні властивості мікроелементів у воді річок Інгулець та Саксагань

Шерстюк Н.П.

Оцінено міграційні властивості заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді річок Інгулець та Саксагань. На основі розрахованих коефіцієнтів водної міграції складено ряди міграції мікроелементів. Порівняння розрахованих коефіцієнтів міграції з рядами міграції О.І. Перельмана дозволило виявити дефіцит цинку та мангану у воді річок.

Ключові слова: гірничо-видобувна промисловість, коефіцієнт водної міграції, мікроелементи, ряди міграції.

Влияние горнодобывающей промышленности Криворожья на миграционные свойства микроэлементов в воде рек Ингулец и Саксагань

Шерстюк Н.П.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

Оценены миграционные свойства железа, меди, цинка, хрома, марганца, свинца, никеля, кобальта, кадмия в воде рек Ингулец и Саксагань. На основе рассчитанных коэффициентов водной миграции составлены ряды миграции микроэлементов. Сравнение рассчитанных коэффициентов миграции с рядами миграции А.И. Перельмана позволило выявить дефицит цинка и марганца в воде рек.

Ключевые слова: горно-добывающая промышленность, коэффициент водной миграции, микроэлементы, ряды миграции.

The impact of mining industry Kryvorizhzhya migratory properties of microelements in the water of the rivers Ingulets and Saksagan

Sherstyuk N.P.

Reviewed migration properties of iron, copper, zinc, chromium, manganese, lead, nickel, cobalt, cadmium in the water of the rivers Ingulets and Saksagan. Based on the calculated ratios water migration numbers drawn migration microelements. Comparison of the calculated ratios migration migration series A.. Perelman revealed deficiency of zinc and manganese in the water of the rivers.

Keywords: mining and mining, water migration factor, trace elements, rows migration.

Надійшла до редколегії 02.09.2015

УДК 551.574.42

Пясецька С.І.

Український гідрометеорологічний інститут

ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДКЛАДЕНЬ ОЖЕЛЕДІ КАТЕГОРІЇ НЯ (небезпечні) ТА СГЯ (стихійні) НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ У ПЕРШОМУ ДЕСЯТИРІЧчі ХХІ СТОРІЧЧЯ (діаметри та маси відкладень)

Ключові слова: *небезпечні та стихійні відкладення ожеледі, діаметри та маси відкладень*

Вступ. Відкладення ожеледі, особливо, коли вона досягає значних розмірів (критерії НЯ (небезпечні, діаметр 6-19 мм) та СГЯ (стихійні, діаметр ≥ 20 мм) несприятливо впливає на господарську діяльність у регіонах. Найбільш уразливими галузями є електроенергетика, транспорт та комунальна сфера. Відкладення ожеледі категорії НЯ та СГЯ у цих галузях можуть призвести до дуже значних та складних наслідків, навіть до повної зупинки їх роботи. Іноді такі відкладення можуть призвести і до людських жертв.

Стан проблеми, історія дослідження. Найбільш докладно особливості утворення ожеледі у тому числі синоптичні умови її утворення ожеледі було досліджено Бучинським В.Е. [1], О.М.Кошенко [2, 3, 5, 6], Волевахою В.О. [4]. У цих роботах було встановлено умови утворення фронтальної на внутрішньо масової ожеледі та показано повторюваність цих видів по окремих фізикогеографічних регіонах України. Так доведено, що внутрішньомасовий характер утворення ожеледі має значну повторюваність Закарпатті, Передкарпатті, здебільшого в районі Волино-Подольської та Придніпровської височин, Донецького кряжу (за винятком півночі Луганської області), у західній частині Криму. Утворення ожеледі в зоні фронту має більшу повторюваність та інтенсивність та супроводжується більшою швидкістю вітру. Найбільш інтенсивна ожеледь (за діаметром відкладень) пов'язана із вираженими теплими фронтами (здебільшого при виході південних циклонів), із значним контрастом температур, її утворення також можливе перед розмитими фронтами та фронтами оклюзій по типу теплового фронту. Згідно до [6], переважна маса відкладень ожеледі формується поблизу теплих фронтів при переміщенні на Україну циклонів та улоговин з південного заходу та півдня – 55 %, із заходу – 24 %, північного заходу – 16 %, у 5% ожеледь утворюється при північних та північно-східних процесах. До 80% ожеледі формується на теплих фронтах циклонів із південного заходу (94%) та півдня (86 %). Утворення ожеледі поблизу холодних фронтів складає 13% від її загалу і здебільшого спостерігається при північно-західних (24 %) та західних (16%) процесах, в зоні фронтів оклюзії її повторюваність становить 7 %. За [7] виділено 3-ю групу процесів утворення ожеледі – змішану, де наявні тільки хмари типу St-Sc або їх перехідних форм

На території Карпат та Криму не встановлено чіткого зв'язку між абсолютними висотами та частотою і розмірами ожеледо-паморозових відкладень [13], за умови, якщо пункти спостережень не знаходяться на одному схилі в однакових умовах. В аномально теплі зими піку свого масового розповсюдження

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

відкладення ожеледі досягають у північно-західних, північних та центральних областях України, завдяки добре розвинутій циклонічній діяльності. [14] У аномально холодні зими цей процес більш інтенсивно протікає на півдні та сході країни завдяки переважанню східної та меридіональної циркуляції. У теплі зими ожеледь, складні відкладення та налипання мокрого снігу виникають частіше ніж у холодні, при цьому значно більшими є і розміри відкладень та тривалість їх зберігання.

Дослідження умов виникнення особливо небезпечних відкладень ожеледі (СГЯ) [8–10, 18] показало, що вони здебільшого утворюються при виході південних циклонів – 78% випадків, на групу західних та північно-західних траєкторій припадає до 25%, а на північну до 1% від загалу. 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 Кримських гір найбільш ожеледнебезпечними є холодні fronti (76%). Для відкладень ожеледі категорії СГЯ внутрішньомасового походження найбільш ожеледнебезпечною синоптичною ситуацією є вплив південно-західної (західної) периферії антициклону – 68%, що є характерним для південного сходу України в районі Донецького кряжу та Приазовської височини [2].

У дослідженнях [11, 15, 19] встановлено, що найбільш часто небезпечні відкладення ожеледі мали місце в районі Донецького кряжу, Приазовської височини та Криму, а дещо згодом [12, 20] було встановлено вірогідність прояву відкладень ожеледі стихійного характеру (діаметр ≥ 20 мм) на Україні. Останньою з опублікованих робіт з дослідження стихійних метеорологічних явищ на Україні, у тому числі і сильної ожеледі є монографія [22], яка доповнює кліматологічну інформацію минулих років та висвітлює стан інтенсивності та розповсюдження стихійних явищ протягом 1985-2005 рр.

Об'єкт, предмет та мета дослідження. Об'єктом дослідження є відкладення ожеледі на дротах стандартного ожеледного станка категорії НЯ та СГЯ. Предметом є основні характеристики цих відкладень – діаметр та маса. Метою роботи було дослідити основні характеристики відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ (діаметр та маса) протягом 2001-2010 рр. та виявити особливості у їх розподілі.

Характеристика висхідного матеріалу. Для дослідження було обрано матеріали спостережень на мережі метеорологічних станціях України протягом 2001-2010 рр., за відкладеннями ожеледі категорії НЯ та СГЯ, які розміщені у Метеорологічних щомісячниках.

Методичною основою дослідження стали керівні документи–настанови - «Настанова гідрометеорологічним станціям і постам» [16] та «Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні (НЯ) і стихійні гідрометеорологічні явища (СГЯ) погоди» [17].

Обговорення результатів дослідження. Для характеристики випадків з ожеледдю категорії НЯ та СГЯ протягом 2001-2010 рр. по окремих місяцях по території України було проведено аналіз повторюваності градацій діаметрів та числа випадків із ними. Результати дослідження представлено у 2-х розділах: I. Діаметри відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ у 2001-2010 рр. та II. Маса відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ у 2001-2010 рр.

I. Діаметри відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ у 2001-2010 рр.

Відкладення ожеледі категорії НЯ 2001-2010 рр. Для випадків ожеледі категорії НЯ для дослідження було запропоновано 7 наступних градацій – 6-7; 8-9; 10-11; 12-13; 14-15; 16-17 та 18-19 мм. Наочно результати дослідження

представлено на рисунку 1 (а-д), де подано інформацію про загальну тенденцію у розподілі числа випадків із різними діаметрами (усі з виміряних) відкладень ожеледі категорії НЯ по окремих градаціях для ряду досліджуваних місяців (січня, лютого, березня, листопада та грудня).

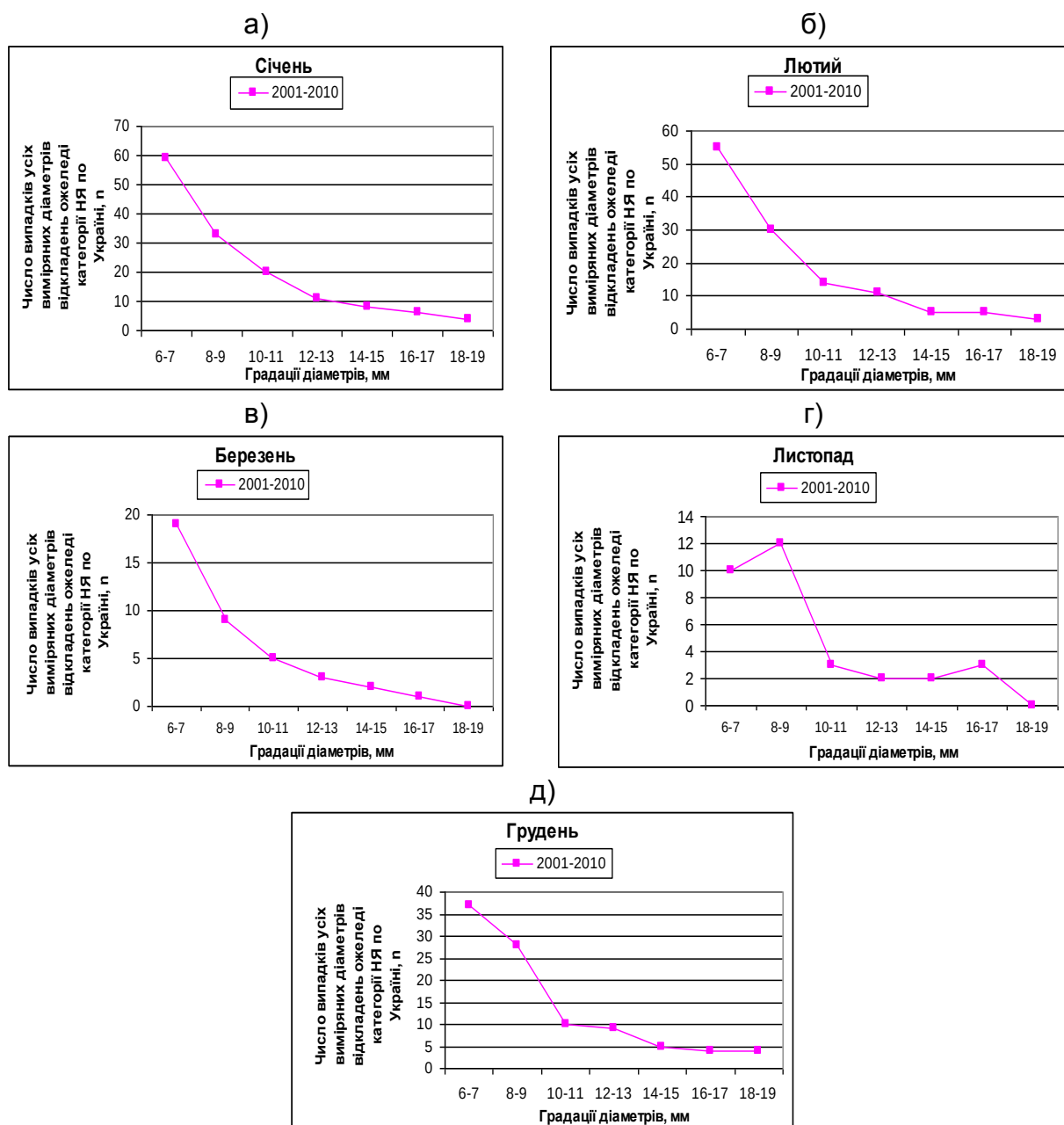


Рис. 1. Розподіл градацій діаметрів відкладень ожеледі категорії НЯ на території України протягом 2001-2010 рр. у окремі місяці

Проведеним дослідженням було встановлено загальну тенденцію, що на перші дві градації 6-7 та 8-9 мм у досліджувані місяці припадає найбільша кількість випадків. Так у січні в цілому найбільшу повторюваність мають діаметри 6-7 та 8-9 мм, що відповідно становить 41,8 та 23,4 %. Проте у окремих областях (Івано-Франківській, Житомирській, Дніпропетровській) на градації 8-9 та 10-11 мм може припадати дещо більша кількість випадків. У цілому на градацію розміру діаметра 10-11 та 12-13 мм припадало відповідно 14,2-7,8 %. Найменшу повторюваність

склала градація 18-19 мм, на неї припало 2,8 % випадків. Випадки із ожеледдю діаметром 18-19 мм мали місце у Овручі у 2010 р (Житомирська область), 2 випадки на Пожежевській у 2007 р. (Івано-Франківська область), у Миколаєві (Миколаївська область) у 2006 р. Загальну тенденцію у розподілі діаметрів відкладень ожеледі категорії НЯ по окремих із вищезгаданих категоріях на території України наочно представлено на рис.1 (а).

У *лютому* встановлена тенденція повторюваності діаметрів по окремих градаціям продовжує існувати, тобто на перші дві градації припадає відповідно 44,7 та 24,4 %, а на градацію 10-11 мм – 11,4%. На градацію 18-19 мм припадає 2,4 % від загальної кількості. Випадки з такою градацією мали місце у Харківській області на станції Великий Бурлук, Луганській області у Дар'ївці, Одеській – у Любашівці. Загальну тенденцію розподілу діаметрів відкладень ожеледі по градаціях представлено на рис. 1 (б).

У *березні* на градації діаметру 6-7 та 8-9 мм припадає 48,7 та 23,1 %. Тобто можна сказати, що порівняно із січнем та лютим у березні дещо збільшилася повторюваність градації 6-7 мм. Також дещо зросла повторюваність градації 10-11 мм порівняно із лютим – 12,8 %. Тенденція у розподілі числа випадків із вимірними діаметрами відкладень відповідних градацій показано на рис. 1 (в). Встановлено, що випадків діаметрів більших градацій із запропонованих для ожеледі категорії НЯ у березні 2001-2010 рр. не спостерігалось.

У *квітні* було з'ясовано, що на фоні дуже малої кількості випадків із ожеледдю категорії НЯ на градацію 10-11 мм припало 40,0 %, а на градації 6-7; 14-15 та 18-19 мм по 20,0 %. Ожеледь діаметром 18 мм спостерігалась у Закарпатській області на станції Плай.

У *жовтні* було встановлено, що у ожеледі категорії НЯ мало місце тільки 2 градації діаметру – 12-13 мм та 14-15 мм. На які припало відповідно по 50,0%.

У *листопаді* отримано, що на перші дві градації діаметру ожеледі категорії НЯ припало відповідно 31,3 та 37,5 % випадків. Встановлено, що відносно ситуації у січні, лютому та у березні спостерігається деяке зменшення повторюваності випадків у градації 6-7 мм та зростання у градації 8-9 мм., а також зростання повторюваності у градації 16-17 мм до 9,4 % проти 2,6-4,1 % у вищезгадані місяці. Випадків із градацією 18-19 мм не спостерігалось. Наочно загальна тенденція розподілу усіх з вимірних діаметрів відкладень ожеледі категорії НЯ протягом 2001-2010 рр. по запропонованих градаціях подана на рис. 1 (г).

У *грудні* ситуація із розподілом повторюваності випадків вимірних діаметрів відкладень ожеледі категорії НЯ по окремих градаціях був схожий із тим, що був у січні та лютому на перші дві градації припало 38,1 та 28,9 % випадків відповідно, але дещо менша повторюваність градації 10-11 мм та більша 12-13 та 18-19 мм, що становить відповідно 9,3 та 4,1 %. Випадки із діаметрами градації 18-19 мм спостерігались протягом періоду 2001-2010 рр. у Харківській області на станції Великий Бурлук у 2010 р., Донецькій області у Дебальцевому у 2005, у Херсонській області у Новій Каховці та Нижніх Сірогозах у 2010 р. Стан розподілу по градаціях усіх вимірних діаметрів відкладень ожеледі категорії НЯ у січні протягом 2001-2010 рр. показано на рис. 1 (д).

Діаметри відкладень ожеледі категорії СГЯ 2001-2010 рр.

Для дослідження повторюваності діаметру ожеледі *категорії СГЯ* було обрано 11 наступних градацій – 20-22 мм; 23-25; 26-28; 29-31; 32-34; 35-37; 38-40; 41-43; 44-46; 47-49 та ≥ 50 мм.

У січні періоду 2001-2010 р. було доведено, що найбільшу повторюваність із запропонованих вище градацій діаметру ожеледі категорії СГЯ має градація 20-22 мм, що становило 36,4 % від загальної кількості випадків. На градації 23-25; 26-28 та 29-31 мм припало по 18,2%, а на найбільшу градацію із вищезгаданих ≥ 50 мм - 9,1 %. До цієї градації було віднесено діаметр ожеледі на станції Мисове у АР Крим.

У лютому на градації діаметру 20-22; 26-28; 38-40 та 44-46 мм припало по 16,7 % від загальної кількості випадків, а на градації 23-25; 35-37; 41-43 мм по 8,3 % у кожній. При цьому треба зауважити, що до найбільшої з вищезгаданих градацій увійшли 2 випадки на станції Плай (Закарпатська область) у 2008 та 2009 рр.

У березні випадки із ожеледдю категорії СГЯ мали місце тільки у Закарпатській області на станції Плай. При цьому на градації діаметру 20-22; 23-25 та 29-31 мм припало по 1 випадку, що становило 33,3 %.

У квітні випадків із ожеледдю категорії СГЯ протягом 2001-2010 рр. не спостерігалось взагалі.

У жовтні було лише 2 випадки з ожеледдю цієї категорії у 2008 та 2009 рр. у Закарпатській області на станції Плай, при цьому 1 випадок припав на градацію діаметру 26-28 мм (2009 р.), а інший на градацію ≥ 50 мм (52 мм) у 2008 р.

У листопаді градації діаметру 23-25; 26-28; 29-31 та ≥ 50 мм отримали по 25,0 %. До найбільшої градації було віднесено випадок у 2009 р. на станції Плай (Закарпатська область) із діаметром 69 мм.

У грудні випадків із ожеледдю категорії СГЯ було значно більше ніж у листопаді. Було отримано, що найбільшу повторюваність діаметру ожеледі категорії СГЯ мала градація 20-22 мм, а також 26-28 мм. На градації 23-25; 29-31; 38-40 та ≥ 50 мм припало по 11,8 %. Найменшу повторюваність мали градації 32-34 та 35-37 мм, на них припало по 5,9 % на кожну. До найбільшої з виділених градацій (≥ 50 мм) було віднесено ожеледь діаметром 68 мм на станції Плай у 2007 р. та Затишшя (Одеська область) – 54 мм у 2008 р.

II. Маса відкладень ожеледі категорії НЯ та СГЯ у 2001-2010 рр.

Маса відкладень ожеледі категорії НЯ 2001-2010 рр.

Для відкладень ожеледі категорії НЯ для дослідження мас було обрано 12 градацій - ≤ 10 г; 11-20; 21-30; 31-40; 41-50; 51-60; 61-70; 71-80; 81-90; 91-100; 101-110 та ≥ 111 г. Результати дослідження наочно представлено на рисунку 2 (а-д) по окремих градаціях для ряду досліджуваних місяців (січня, лютого, березня, листопада та грудня).

У січні періоду 2001-2010 рр. найбільшу повторюваність із вищенаведених градацій має градація маси 31-40 г, потім градація 71-80 – 13,4 %, а також градації 21-30 і ≥ 111 г по 11,3 % кожна. На інші градації припадає повторюваність від 2,1 до 9,3 %. Найбільшою у градації ≥ 111 г була маса ожеледі у Овручі (Житомирська область) у 2008 р. – 208 г. та на станції Мисове (АР Крим) у 2010 р – 132 г. На рис.2 (а) показано розподіл випадків виміряних мас відкладень ожеледі категорії НЯ по градаціям на території України у січні протягом 2001-2010 рр.

У лютому у досліджуваній період часу найбільшу повторюваність отримали градації маси – 31-40: 51-60 та 71-80 г, що відповідно становило 36,6, 15,1 та 9,7 %. На інші градації припало від 1,1 до 7,5 % (на градацію ≥ 111 г припало 7,5 %). Найбільші маси ожеледі категорії НЯ у лютому були відмічені у Полтаві – 200 г у 2010 р., Дар'івці (Луганська область) - 176 г у 2009 р., Долинській (Кіровоградська область) – 200 г у 2010 р. та у Любашівці (Одеська область) – 304 г – 2010 р. Графічно результати дослідження подано на рис. 2 (б).

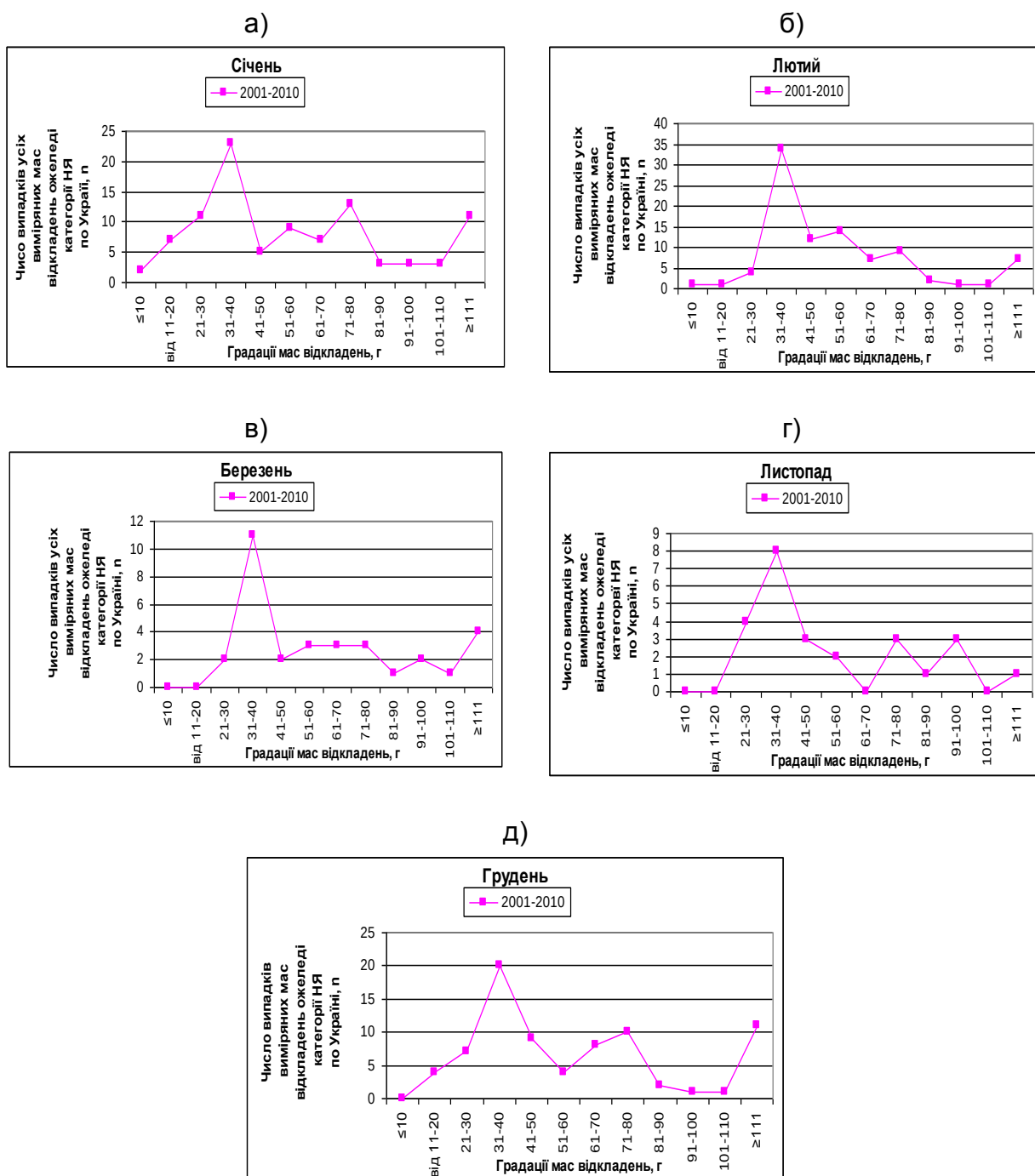


Рис. 2. Розподіл випадків виміряних мас відкладень ожеледі категорії НЯ по градаціям на території України протягом 2001-2010 рр. у окремі місяці

У березні найбільшу повторюваність мали градації маси відкладень ожеледі 31-40; ≥111 та 51-60; 61-70; 71-80 г, що відповідно становило – 34,4; 12,5, а у останніх 3-х градаціях по 9,4 % кожна. На інші градації припало від 3,1 до 6,3 %: Найбільші маси ожеледі категорії НЯ відмічені у Великому Бурлуці (Харківська область) – 120 г у 2009 р., Дар'івці (Луганська область) – 232 г у 2006 та Амвросіївці (Донецька область) – 128 г, також у 2006 р. Розподіл випадків

вимірних мас відкладень ожеледі категорії НЯ по градаціям на території України у березні 2001-2010 рр. представлено на рис. 2 (в).

У *квітні* маси ожеледі категорії НЯ відносились до градацій 31-40; 51-60; 81-90 г., що відповідно становило по 33,3% у кожній з них.

У *жовтні* градації 21-30; 51-60; 61-70; 71-80 мали найбільшу повторюваність по 25,0% у кожній.

У *листопаді* найбільшу повторюваність мали градації 31-40; 21-30; 41-50; 71-80; 91-100 г, що відповідно становило 32,0; 16,0 % та по 12,0 % у кожній з наведених градацій починаючи з 41-50 г. Повторюваність інших градацій становила від 4,0 до 8,0%.

У *грудні* найбільша повторюваність припадає на градацію 31-40 г – 26,0 % та на градацію ≥ 111 г – 14,3 %. Повторюваність градацій 71-80 г та 41-50 г становили 13,0% та 11,7 %. На інші градації припало від 1,3 до 9,1 % випадків. Найбільші маси ожеледі категорії НЯ спостерігались у 2010 р на станціях - Великий Бурлук (Харківська область) – 200 г, Очакові та Баштанівці (Миколаївська область) – 136 г, Нижніх Сірогозах (Херсонська область) – 216 г, Сімферополі (АР Крим) – 176 г, а у 2008 р. на станції Роздільній (Одеська область) – 232 г.

Маси відкладень ожеледі категорії СГЯ у 2001-2010 рр.

Для відкладень ожеледі *категорії СГЯ* запропоновано 12 градацій мас - ≤ 50 г; 51-60; 61-70; 71-80; 81-90; 91-100; 101-110; 111-120; 121-130; 131-140; 141-150 та ≥ 151 г.

Встановлено, що у *січні* за період 2001-2010 рр. найбільшу повторюваність мала градація ≥ 151 г. – 50,0 %. На градації ≤ 50 г та 71-80 г припало по 20,0 %, а на градацію 121-130 г ще 10,0 %. Найбільші маси ожеледі становили - 240 г у Куп'янську (Харківська область) у 2010 р., 256 г у Маріуполі (Донецька область) у 2005 р., 520 г на станції Плай (Закарпатська область) у 2007 р., 282 г - Мисовому (АР Крим) у 2010 р.

У *лютому* так само як і у січні найбільшу повторюваність мала градація ≥ 151 г - 81,8 % випадків. Найбільшими у ній виявилися випадки на станціях Синельникове (Дніпропетровська область) – 408 г у 2010 р.; Плай – 184 г у 2008; Любашівка (Одеська область) – 328 г у 2010; Миколаїв 280 г у 2010.; Нижні Сірогози – 296 г у 2010 та Ай-Петрі (АР Крим) – 232 г у 2001 рр. У *березні* спостерігалось лише 2 градації маси ожеледі категорії СГЯ – 91-100 та 101-110 г. Найбільшу повторюваність мала градація 91-100 г – 66,7 %, а на іншу припало 33,3 %.

У *квітні* не спостерігалось утворення ожеледі категорії СГЯ.

У *жовтні* протягом 2001-2010 рр., як і у березні встановлено тільки дві градації мас ожеледі категорії СГЯ – 131-140 та ≥ 151 г, повторюваність яких становила 50,0 % для кожної. Найбільша маса ожеледі спостерігалась на станції Плай – 312 г у 2008 р.

У *листопаді* мали місце 4 градації – 71-80; 81-90; 111-120 та ≥ 151 г на які припало 25,0 % випадків. Найбільша маса ожеледі становила 320 г і мала місце на станції Плай (Закарпатська область) у 2009 р.

У *грудні* було лише 3 градації (101-110; 11-120 та ≥ 150 г) із запропонованих 12, причому найбільша повторюваність належала градації ≥ 150 г – 87,5 %., на дві інші припало по 6,3 %. 3 найбільших мас ожеледі категорії СГЯ треба відмітити масу у 280 г на станції Овруч (Житомирська область), 296 г Плай і 912 г у Любашівці (Одеська область) у 2008 р; 176 г – у 2001 р. у Дар'івці (Луганська область), 176 г на станції Гайворон (Кіровоградська область) у 2008; 240 г у

Маріуполі (Донецька область) у 2007 р.; 240 г на станції Бехтери (Херсонська область) у 2010 р.

Висновки.

1. Для випадків із ожеледдю категорії НЯ у грудні - березні 2001-2010 рр. найбільшу повторюваність у градаціях діаметру має градація 6-7 мм (38,1-48,7 %), у листопаді має перевагу градація 8-9 мм – 37,5 %.

2. У цілому для випадків із ожеледдю категорії СГЯ найбільшу повторюваність розміру діаметру має градація 20-22 мм -16,7-36,4%.

3. Для ожеледі категорії НЯ здебільшого протягом грудня–лютого найбільша повторюваність маси відкладень припадає на градацію 31-40 г -23,7-36,6 %.

4. У випадках з ожеледдю категорії СГЯ досить часто найбільшу повторюваність маси відкладень мала градація ≥ 151 г. У березні протягом 2001-2010 рр. найбільшу повторюваність мала градація 91-100 г.

Список літератури

1. Бучинский В.Е. Гололед и борьба с ним / В.Е. Бучинский – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1960. - 191 с.
2. Кошенко А.М. Некоторые характеристики внутримассовых гололедов на Украине / А.М. Кошенко // Труды УкрНИГМИ. – 1972. – Вып. 113. – С. 9-18.
3. Кошенко А.М. Погодные условия при гололеде на территории Украины / А.М. Кошенко, М.Ю. Кулаковская // Труды УкрНИГМИ. – 1971. – Вып. 111. – С. 38-43.
4. Волеваха В.А. Фронтальные гололеды на Украине / В.А.Волеваха // Тр. УкрНИГМИ. - 1961. – Вып. 25. – С. 3-15.
5. Кошенко А.М. Некоторые характеристики фронтальных гололедов на Украине / А.М. Кошенко // Труды УкрНИГМИ. 1941. Вып. 108. – С. 103-108.
6. Кошенко А.М. Синоптико-аэрологические особенности фронтальных гололедов на Украине / А.М. Кошенко // Труды УкрНИГМИ. - 1974. – С. 83-94.
7. Кошенко А.М. Гололеды смешного происхождения / А.М. Кошенко // Труды УкрНИГМИ. 1974. – Вып. 126. – С. 64-76.
8. Кошенко А.М. Особо опасные гололеды на Украине / А.М.Кошенко // Труды УкрНИГМИ. – 1976. – Вып. 134. – С. 79-91.
9. Кошенко А. М. Особо опасные отложения гололеда в Горном Крыму / А.М.Кошенко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 160. –С. 3-12.
10. 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.
11. Климат Украины / Под ред. Г.Ф. Прихотко, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 413 с.
12. Клімат України / За ред.. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во. Раєвського, 2003. – 343 с.
13. Раевский А.Н. К вопросу о влиянии рельефа на распределение отложений гололеда в Украинских Карпатах / А.Н. Раевский // Метеорология, Климатология и гидрология. 1968. – Вып. 3. – С. 80-84.
14. Прохоренко М.М Особенности распределения гололедно-изморозевых отложений на территории Украины в аномальные зимы / М.М. Прохоренко, А.Н. Раевский // Метеорология, климатология и гидрология. – 1975. – Вып. 11. – С. 33-37.
15. Опасные явления погоды на Украине / Под ред. К.Т. Логвинова // Труды УкрНИГМИ. - 1972. Вып. 110. – 235 с.
16. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Керівний документ. - Вип. 3, Ч.1 (метеорологічні спостереження на станціях). Державна гідрометеорологічна служба. – К., 2011. – 279 с.
17. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні (НЯ) і стихійні гідрометеорологічні явища (СГЯ) погоди. Український Гідрометцентр. – К.: 2000. – 26 с.
18. 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.
19. Природа Украинской ССР. Климат / Под ред. К.Т. Логвинова, М.И. Щербаня. - К.: Наукова думка, 1984. – 231 с.
20. Стихийные метеорологические явления на Украине и Молдавии / Под ред. В.Н. Бабиченко. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 223 с.
22. 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.

Характеристика відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні) на території України у першому десятиріччі XXI сторіччя (діаметри та маси відкладень)

Пясецька С.І.

У статті подано характеристику основних показників відкладень ожеледі діаметрів та мас для відкладень категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні) на території України протягом початку XXI сторіччя на території України, що характеризує особливості їх стану в умовах сучасного клімату. Для ряду місяців вказано повторюваність діаметрів та мас таких відкладень по окремих градаціях. Виявлено градації з найбільшою повторюваністю.

Ключові слова: небезпечні та стихійні відкладення ожеледі, діаметри та маси відкладень

Характеристика отложений гололеда категории НЯ (опасные) и СГЯ (стихийные) на территории Украины в первом десятилетии XXI века (диаметры и массы отложений)

Пясецкая С.И.

В статье дана характеристика основных показателей отложений гололеда диаметров и масс для отложений категории НЯ (опасные) и СГЯ (стихийные) на территории Украины в течение начала XXI века на территории Украины, что характеризует особенности их состояния в условиях современного климата.

Для ряда месяцев указано повторяемость диаметров и масс таких отложений по отдельным градациям. Выявлено градации с наибольшей повторяемостью.

Ключевые слова: опасные и стихийные отложения гололеда, диаметры и массы отложений

Characteristics ice deposits category AEs (dangerous) and OHSS (natural) in Ukraine in the first decade of the XXI century (diameter and weight sediment)

Pyasetska S.I.

The article presents a description of the main indicators of sediment diameters and masses of ice deposits category for AE (dangerous) and OHSS (natural) in Ukraine during the early twenty-first century in Ukraine, which describes the characteristics of the state in today's climate. For a number of months specified frequency diameters and masses of sediment on certain gradations. Found gradation with highest repeatability.

Keywords: dangerous and natural deposits of ice, diameter and mass of sediment.

Надійшла до редколегії 04.09.2015

УДК 551.577.21(477)

Затула В.І.¹, Затула Н.І.²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка

² Національний авіаційний університет, м. Київ

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКА НЕРІВНОМІРНОСТІ ВИПАДІННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ В УКРАЇНІ

Ключові слова: континентальність клімату; показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів; фізико-географічні умови; регресійний аналіз; статистичні моделі

Вступ. Однією із найбільш загальних характеристик клімату є ступінь його континентальності, або океанічності. З огляду на змістовну ємність і багатоплановість поняття континентальності клімату [2, 6], в науковому обігу використовуються найрізноманітніші математичні конструкції для їх кількісної оцінки.

Постановка та актуальність проблеми. Найдавнішою є практика використання ізаномал широтних температур, започаткована в XIX ст. німецьким метеорологом Г. Дове. Разом з тим, річна амплітуда температури повітря та

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

різноманітні індекси континентальності клімату, що на ній базуються, використовуються значно ширше (В. Ценкер, Л. Горчинський, Г. Лаутензах, М.М. Іванов, С.П. Хромов та ін.).

Загальні закономірності просторового розподілу річної амплітуди температури повітря в Україні вивчалися З.С. Бондаренко і С.Ф. Рудишиною [1]. Докладний опис індексу континентальності клімату в Україні можна побачити у кількох роботах П.І. Колісника [6, 7]. Останнім часом обидві ці величини досліджували В.І. Затула та Н.І. Затула [3, 4].

На доцільність використання річної амплітуди атмосферних опадів (абсолютної і відносної) вказували Ц.А. Швер і Г.Г. Маркхам [9, 10]. В монографії Ц.А. Швер містяться також цінні ідеї щодо використання нерівномірності річного ходу атмосферних опадів в якості показника ландшафтної зональності і континентальності клімату. Разом з тим, потенціальні можливості використання цієї характеристики для оцінки континентальності клімату України вивченні недостатньо.

Об'єкт дослідження – нерівномірність річного розподілу атмосферних опадів в Україні.

Основною метою роботи є виявлення характерних рис нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні протягом року залежно від фізико-географічних умов її території за кліматологічний стандартний період 1961-1990 рр.

Матеріал і методи досліджень. Більшість представлених у даній роботі результатів отримано шляхом статистичного опрацювання середньої місячної і річної кількості атмосферних опадів на метеорологічних станціях України за період 1961-1990 рр. Вихідні матеріали опрацьовувалися з допомогою стандартних засобів графічного і регресійного аналізу, реалізованих в пакеті програм "Microsoft Excel".

Виклад основного матеріалу. На відміну від океанічного клімату, континентальний клімат характеризується значною нерівномірністю розподілу атмосферних опадів протягом року. Ступінь нерівномірності випадіння опадів протягом року можна оцінити за допомогою індексу [9]

$$w = \frac{\sum_{i=1}^{12} |R_i - R_p| / 12}{R_p} \cdot 100, \quad (1)$$

де w – показник нерівномірності (або показник періодичності) річного розподілу атмосферних опадів, %; R_i – середня кількість атмосферних опадів за i -й місяць, мм; R_p – середня річна кількість опадів, мм.

З (1) видно, що при цілком рівномірному розподілі опадів протягом року показник w дорівнює нулю. Очевидно також, що з посиленням нерівномірності випадіння опадів протягом року показник w зростає. Згідно з [8], максимальні значення w (наприклад, в тропічних пустелях, або областях мусонного клімату) можуть перевищувати 125 %.

За даними багаторічних спостережень (1961-1990 рр.), показник нерівномірності випадіння опадів в Україні коливається в межах від 10,0 % (Стрілкове Херсонської обл.) до 53,3 % (Путила Чернівецької обл.) і пересічно становить 25,3 %. Більш як на половині метеорологічних станцій і постів показник w становив 15-25 %. Ще на 40 % станцій він коливався від 25 до 35 % (табл. 1).

**Таблиця 1. Повторюваність показника нерівномірності
випадіння атмосферних опадів різних градацій**

Показник нерівномірності випадіння опадів, %	Повторюваність	
	випадків	відсотків
10-15	21	4,6
15-20	148	32,2
20-25	95	20,7
25-30	69	15,0
30-35	58	12,6
35-40	35	7,6
40-45	22	4,8
45-50	7	1,5
понад 50	5	1,1
Всього	460	100,0

Аналіз просторового розподілу показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні вказує на його залежність від фізико-географічних умов. З метою вивчення цієї залежності були відібрані 187 метеорологічних станцій, достатньо рівномірно розподілені по усій території країни, на основі спостережень яких раніше уже досліджувалися географічні чинники річного ходу температури повітря та індексу континентальності клімату [3, 4].

Ступінь і характер впливу елементів фізико-географічних умов на показник періодичності річного розподілу атмосферних опадів оцінювався кількісно з допомогою методів регресійного аналізу – парного та множинного. Метод парної лінійної регресії використовувався для оцінки залежності ступеня нерівномірності випадіння атмосферних опадів від окремих складових географічного положення метеорологічної станції – її довготи (λ , град.), широти (φ , град.), абсолютної висоти (h , м н.р.м.) та середнього ступеня закритості горизонту (θ , град.), а метод множинної лінійної регресії – від фізико-географічних умов розташування метеорологічних станцій в цілому.

Однофакторну залежність між розглядуваними величинами можна представити у вигляді

$$w = ax + b, \quad (2)$$

де w – показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів, %; x – досліджуваний фактор впливу (довгота, широта, висота над рівнем моря, або середній ступінь закритості горизонту); a і b – деякі безрозмірні коефіцієнти.

Тіснота залежності досліджуваних величин оцінювалася за допомогою коефіцієнта детермінації R^2 , який являє собою співвідношення частини варіації, що пояснюється досліджуванним фактором впливу, до загальної варіації залежної величини. Чим ближче цей показник до одиниці, тим тіснішою є ця залежність [5].

Розглянемо докладніше результати такого дослідження для окремих географічних регіонів України (табл. 2-5). Обґрунтування кількості і складу регіонів представлено в [4]. Запропонований в цій роботі поділ території країни за індексом континентальності клімату С.П. Хромова, в основі якого лежить річна амплітуда температури повітря, є актуальним і для показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів. На це вказує статистично достовірний коефіцієнт парної кореляції між ними ($-0,477 \pm 0,057$) навіть на рівні 0,1 %-му рівні значущості.

Таблиця 2. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від географічної довготи для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			<i>a</i>	<i>b</i>	R^2
1	рівнинна територія України (основна)	145	-1,2224	61,921	0,567
2	Українські Карпати	22	7,3474	-143,51	0,408
2а	Закарпатська низовина	3	-3,1759	92,666	0,270
2б	власне Українські Карпати	10	8,1852	-165,43	0,348
2в	Прикарпаття	9	4,7894	-78,644	0,348
3	Кримські гори	13	-2,4428	104,97	0,030
4	центрально-кримський степ	7	0,4712	-1,215	0,117
1-4	Україна в цілому	187	-1,1061	58,019	0,426

Як видно з табл. 2, в Україні ступінь *нерівномірності випадіння опадів протягом року* з віддаленням від Атлантичного океану може як збільшуватися (додатні значення кутового коефіцієнта лінійної регресії), так і зменшуватися (від'ємні значення *a*).

На більшій частині рівнинної території України показник *w* по мірі просування вглиб континенту зменшується більш як на 1 % на 1° довготи. Високі значення коефіцієнта детермінації ($R^2=0,567$) вказують на значну тісноту такої залежності. На території Закарпатської низовини ступінь нерівномірності випадіння атмосферних опадів з просуванням на схід зменшується ще більше – до 3,2 % на 1° довготи. Однак далі внаслідок вимушеного підняття повітря по навітряним схилам Карпатських гір відбувається його адіабатичне охолодження і конденсація, які після перевалювання через гори змінюються феновими явищами – прискореним нагріванням і віддаленням від стану насичення. У зоні «дошової тіні» в самих Карпатах і в Прикарпатті хмарність частково розсіюється й припиняються атмосферні опади. Очевидно, саме феновими ефектами пояснюється тут пряма залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від довготи. Пряма залежність між цими величинами в степових районах Кримського півострова також не суперечить загальним уявленням про посилення нерівномірності випадіння опадів в районах посушливого клімату. Водночас, особливості географічного положення і режиму зволоження Кримських гір роблять недоцільним пошук тут залежності показника *w* від географічної довготи.

Статистичні характеристики залежності показника *w* від географічної широти представлено в табл. 3.

Як видно з табл. 2 і 3, ступінь впливу географічної широти на рівномірність випадіння атмосферних опадів значно поступається впливу географічної довготи. Відмітимо зменшення рівномірності, а отже і зростання нерівномірності, випадіння опадів з широтою на основній частині території України ($R^2=0,283$) і в центральній частині степового Криму ($R^2=0,225$) внаслідок зростання у цьому самому напрямку ступеня аридності клімату. Тісна обернена залежність ($R^2=0,436$) між розглядуваними величинами в Кримських горах визначається насамперед особливостями циркуляції атмосфери, впливом Чорного моря і простяганням усіх трьох пасом гір із заходу на схід. Разом з тим, тіснота цієї залежності у декілька разів перевищує тісноту залежності показника *w* від абсолютної висоти (табл. 4).

Таблиця 3. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від географічної широти для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			a	b	R^2
1	рівнинна територія України (основна)	145	1,9628	-73,199	0,283
2	Українські Карпати	22	1,5441	-44,193	0,006
2а	Закарпатська низовина	3	-1,2386	80,296	0,010
2б	власне Українські Карпати	10	-8,0416	419,47	0,071
2в	Прикарпаття	9	-5,5639	309,82	0,153
3	Кримські гори	13	-20,883	955,34	0,436
4	центральнo-кримський степ	7	7,7402	-335,74	0,225
1-4	Україна в цілому	187	1,548	-51,614	0,160

Таблиця 4. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від висоти над рівнем моря для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			a	b	R^2
1	рівнинна територія України (основна)	145	0,0497	15,652	0,438
2	Українські Карпати	22	-0,0034	32,641	0,012
2а	Закарпатська низовина	3	-0,0865	31,734	0,639
2б	власне Українські Карпати	10	-0,0043	32,150	0,019
2в	Прикарпаття	9	-0,0176	42,197	0,049
3	Кримські гори	13	0,0056	19,681	0,101
4	центральнo-кримський степ	7	0,0379	14,643	0,107
1-4	Україна в цілому	187	0,0139	20,815	0,141

Загалом, з висотою ступінь нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні зростає. На основній частині рівнинної території країни відповідний параметр рівняння лінійної регресії становить близько 5 % на 100 м висоти при коефіцієнті детермінації $R^2 = 0,438$.

Певний інтерес становить також залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від середнього ступеня закритості горизонту. Статистичну вибірку даних для цього дослідження довелося незначно скоротити через відсутність інформації щодо закритості горизонту на частині метеорологічних станцій (табл. 5).

Із усіх крупних регіонів країни, що представлені значною кількістю метеостанцій, середній ступінь закритості горизонту виявляє найбільший вплив на рівномірність річного розподілу атмосферних опадів у високогірних районах Українських Карпат ($R^2 = 0,309$) і центральнo-кримському степу ($R^2 = 0,489$). Зауважимо також, що характер залежності між цими величинами різний, на що вказує різний знак параметрів a рівняння лінійної регресії.

Таблиця 5. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від середнього ступеня закритості горизонту для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²
1	рівнинна територія України (основна)	140	0,2198	21,396	0,015
2	Українські Карпати	21	0,2747	29,122	0,011
2а	Закарпатська низовина	3	-0,3639	23,512	0,526
2б	власне Українські Карпати	9	1,8340	14,799	0,309
2в	Прикарпаття	9	-0,3830	39,444	0,040
3	Кримські гори	11	0,0733	21,163	0,004
4	центральнo-кримський степ	7	-0,6622	16,955	0,489
1-4	Україна в цілому	179	0,3366	21,252	0,029

Таким чином, найбільший вплив на показник нерівномірності випадіння атмосферних опадів в різних регіонах країни виявляють різні елементи фізико-географічних умов. Зокрема, на основній частині рівнинної території України найбільший вплив на параметр *w* мають (у порядку спадання значень *R*²) географічна довгота, висота над рівнем моря і географічна широта. Інтегральним виразом сукупного впливу цих елементів на показник нерівномірності випадіння атмосферних опадів може бути така модель множинної регресії:

$$w = -0.9062\lambda + 0,6467\varphi + 0,0266 h + 16,3, \quad (3)$$

де *w* – показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів, %; *λ* і *φ* – географічні координати (довгота і широта) метеорологічної станції, град.; *h* – висота над рівнем моря, м.

Коефіцієнт детермінованості вказаного рівняння регресії становить 0,749, що вказує на тісний зв'язок між чинниками впливу і залежною від них величиною показника нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів. Висновок щодо не випадковості виявленого взаємозв'язку між залежною і незалежними величинами підкріплюється і високим значенням *F*-статистики (140,0). Обчислені емпіричні значення *t*-статистики значно перевищують критичний рівень цієї статистики (1,977) для рівня значущості *α*=0,05 і вказують на статистичну значущість отриманих коефіцієнтів та корисність усіх змінних для практичного використання запропонованої моделі множинної регресії.

Разом з тим, значення сталої *Y*-перетину рівняння трифакторної залежності є статистично значущим тільки для рівня значущості *α*=0,10, оскільки воно обчислюється з відчутною похибкою (16,3±9,4).

Рис. 1 ілюструє добру відповідність оціночних значень показника *w* за моделлю (3) їхнім фактичним значенням.

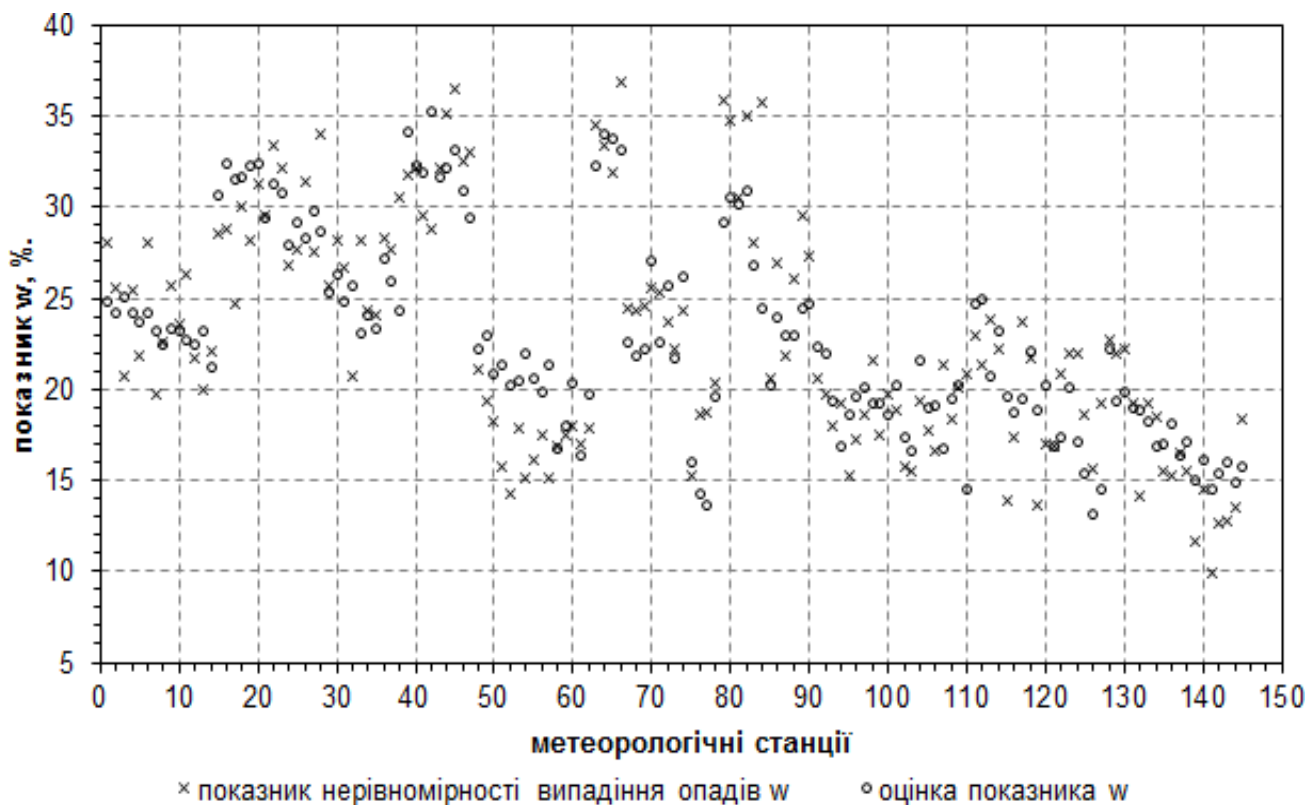


Рис. 1. Відповідність змодельованих і фактичних значень показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів на основній частині рівнинної території України

Ступінь впливу окремих елементів географічного положення на показник w в межах основної частини рівнинної території України можна оцінити, побудувавши нормовану модель множинної регресії:

$$w^* = \beta_\lambda \lambda^* + \beta_\varphi \varphi^* + \beta_h h^*, \quad (4)$$

де $w^*, \lambda^*, \varphi^*, h^*$ – нормовані значення w, λ, φ та h , відповідно (тобто такі, що їх математичне сподівання дорівнює нулю, а дисперсія – одиниці); $\beta_\lambda, \beta_\varphi$, та β_h – невідомі коефіцієнти, що обчислюються за формулами

$$\beta_\lambda = \alpha_\lambda \cdot \frac{\sqrt{D_\lambda}}{\sqrt{D_w}}, \quad \beta_\varphi = \alpha_\varphi \cdot \frac{\sqrt{D_\varphi}}{\sqrt{D_w}}, \quad \beta_h = \alpha_h \cdot \frac{\sqrt{D_h}}{\sqrt{D_w}}, \quad (5)$$

де $D_\lambda, D_\varphi, D_h$ і D_w – вибіркова дисперсія відповідних рядів; а $\alpha_\lambda, \alpha_\varphi$ та α_h – уже відомі коефіцієнти ненормованої множинної регресії (3).

Внесок окремих елементів географічного положення в загальну дисперсію показника w оцінювався за формулами:

$$\widehat{\delta}_\lambda = \frac{|\beta_\lambda|}{|\beta_\lambda| + |\beta_\varphi| + |\beta_h|} \cdot 100, \quad \widehat{\delta}_\varphi = \frac{|\beta_\varphi|}{|\beta_\lambda| + |\beta_\varphi| + |\beta_h|} \cdot 100, \quad \widehat{\delta}_h = \frac{|\beta_h|}{|\beta_\lambda| + |\beta_\varphi| + |\beta_h|} \cdot 100. \quad (6)$$

Як з'ясувалося, внесок географічної довготи в загальну дисперсію показника нерівномірності випадіння опадів у розглядуваному регіоні найбільший – 51,3 %. Внесок висоти над рівнем моря становить 32,6 %, географічної широти – 16,1 %.

Висновки. Представлені вище результати дослідження дозволяють сформулювати деякі висновки. Ступінь нерівномірності випадіння атмосферних опадів протягом року може використовуватися в якості важливого показника континентальності клімату, оскільки він визначається особливостями географічного положення. В різних регіонах України вплив окремих елементів на рівномірність випадіння атмосферних опадів виявляється по-різному. Особливо строкатими умовами формування цього показника континентальності клімату характеризуються Українські Карпати і Крим.

Рівномірність випадіння атмосферних опадів протягом року в Україні найбільше залежить від географічної довготи, широти та абсолютної висоти. Водночас, середній ступінь закритості горизонту в більшості випадків виявився малоінформативною ознакою.

З огляду на значні зміни кліматичного режиму в Україні протягом останніх десятиріч, актуальною залишається статистична оцінка сучасних тенденцій річного розподілу атмосферних опадів методами регресійного аналізу.

Список літератури

1. Бабиченко В.Н. и др. Температура воздуха на Украине / В.Н. Бабиченко, С.Ф. Рудышина, З.С. Бондаренко, Л.М. Гущина / Под ред. В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 400 с.
2. Блютген И. География климатов: Пер. с нем. / И. Блютген. – М.: Прогресс, 1973. – Т. 2. – 402 с.
3. Затула В.І. Річна амплітуда температури повітря і континентальність клімату України / Затула В.І., Затула Н.І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2013. – Т. 4(31). – С. 95-101.
4. Затула В.І. Дослідження залежності ступеня континентальності клімату України від географічного положення методами регресійного аналізу / Затула В.І., Затула Н.І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2015. – Т. 1(36). – С. 130-136.
5. Колемаев В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / В.А. Колемаев, О.В. Староверов, В.Б. Турундаевский / Под ред. В.А. Колемаева. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
6. Колісник П.І. Континентальність клімату та методи її визначення / П.І. Колісник // Вісник Київ. ун-ту. Серія геології та географії. – 1964. – № 6. – С. 74-82.
7. Колісник П.І. Континентальність клімату України / П.І. Колісник // Вісник Київ. ун-ту. Географія. – 1980. – Вип. 22. – С. 36-41.
8. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
9. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР / Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 302 с.
10. Markham G.G. Seasonality of precipitation in the United States / G.G. Markham // Ann. Assoc. Am. Geogr. – 1970. – vol. 60, N 3. – P. 593-597.

Регіональні особливості показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні

Затула В.І., Затула Н.І.

Оцінено вплив фізико-географічних умов на показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів в окремих регіонах України. Побудовано регресійні моделі цього показника залежно від фізико-географічних умов. Оцінено внесок окремих елементів географічного положення в загальну дисперсію розглядуваного показника для основної частини рівнинної території України.

Ключові слова: континентальність клімату; показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів; фізико-географічні умови; регресійний аналіз; статистичні моделі.

Региональные особенности показателя неравномерности выпадения атмосферных осадков в Украине

Затула В.И., Затула Н.И.

Оценено влияние физико-географических условий на показатель неравномерности годового распределения атмосферных осадков в отдельных регионах Украины. Построены регрессионные модели этого показателя в зависимости от физико-географических условий. Оценён вклад отдельных элементов географического положения в общую дисперсию рассматриваемого показателя для основной части равнинной территории Украины.

Ключевые слова: континентальность климата; показатель неравномерности годового распределения атмосферных осадков; физико-географические условия; регрессионный анализ; статистические модели.

The regional features of unevenness indicator of atmospheric precipitation fall in Ukraine

Zatula V.I., Zatula N.I.

The influence of physico-geographical conditions on the unevenness indicator of annual distribution of atmospheric precipitation in different regions of Ukraine was estimated. Regression models of this indicator were constructed depending on physico-geographical conditions. The contribution of different elements of geographical location into general variance of considering indicator for main part of Ukrainian flat territory is estimated.

Keywords: climate continentality; unevenness indicator of atmospheric precipitation fall; physico-geographical conditions; regression analysis; statistical models.

Надійшла до редколегії 23.09.2015

УДК 556.552

Анахов П. В.

Державний університет телекомунікацій, м. Київ

Анахов С. П.

Центральний державний архів зарубіжної україніки, м. Київ

ВОДНИЙ БАЛАНС ВОДОСХОВИЩ ЗМІННОЇ МІСТКОСТІ

Ключові слова: місткість водосховища; об'єм водосховища; чутливість водосховища до повені.

Вступ. Співвідношення прибутку/витрат води у водосховищі, яке визначають зовнішні умови варіацій водного балансу, описується рівнянням виду [1]:

$$Q_{in} - Q_{out} = \Delta V, \quad (1)$$

де Q_{in} , Q_{out} – прибуткова і витратна частини, відповідно; V – накопичений об'єм води.

Внутрішні умови варіацій залишаються поза увагою теорії. Проте, вони мають місце і зміст їх визначають зміни місткості водосховища протягом експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Місткості водосховищ невпинно зменшуються через накопичення в них намулу. Він прибуває разом з рідким стоком річок і струмків, що живлять водосховище, а також твердого матеріалу, що потрапляє у водойму в результаті переробки берегів, життєдіяльності біонтів, вітрового перенесення пилу з прилеглих ділянок суші [2].

На рис. 1 показано динаміку втрат місткості водосховища Мід, спорудженого на р. Колорадо, США, через намул, що був накопичений за період з 1935 до 2002 року (при місткості водосховища за проектом 37,6 км³).

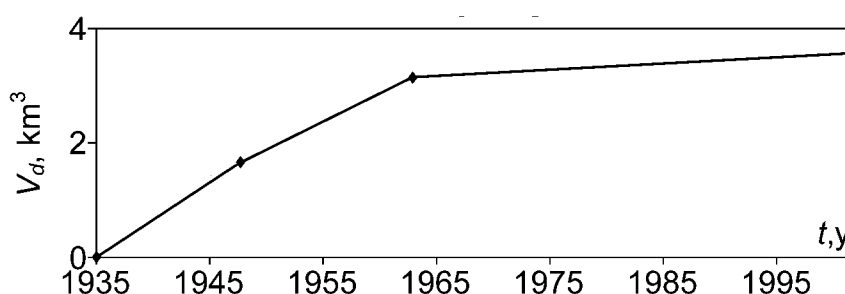


Рис. 1. Втрата місткості водосховища Мід через намул, накопичений за період з 1935 до 2002 року [3]

Станом на 1970 рік місткість Терелянського (Вільшанського) водосховища, спорудженого на р. Тереля, становила 23,4 млн. м³. За період експлуатації накопичилося 5,43 млн. м³ намулу (при місткості водосховища у 1986 році 20,4

млн. м³). На рис. 2 показано динаміку змін місткості Тереблянського водосховища за період з 1986 до 2009 року.

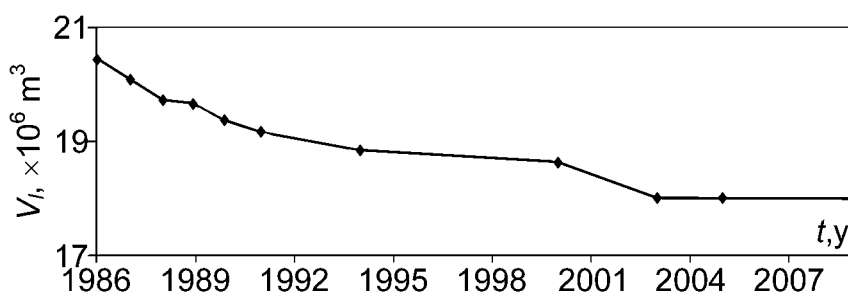


Рис. 2. Зменшення місткості Тереблянського водосховища через намул за період з 1986 до 2009 року [4]

Визначено, що в результаті зменшення місткості знижується можливість водосховища регулювати витрати [5].

Справедливості заради відмітимо, що процес замулення водосховищ також включає і частковий винос намулу у нижній б'єф (витрати) [5].

Для безперебійного забезпечення схову води застосовують технології збільшення місткостей. До них віднесемо, в першу чергу, наступні:

- вилучення намулу шляхом промивання крізь нижні отвори греблі або за допомогою земснарядів [5];
- створення підпору природних озер (наприклад, озера Вікторії в Кенії-Танзанії-Уганді [4]);
- нарощування діючого підпору (наприклад, озера Насера в Єгипті-Судані за рахунок нарощування Нижньої Асуанської греблі в 1907-1912 і 1929-1933 роках [6]).

Згідно до представленої в монографії [5] тези, при зміні місткості змінюється можливість водосховища регулювати витрати. Це положення можна пояснити, використавши рівняння водного балансу (1), прийнявши за вхідні умови $Q_{in} = \text{const}$, $\Delta V = \text{var}$, де const – постійна (величина), var – змінна.

Мета статті. Дослідження впливу змін місткості водосховища на його водний баланс.

Викладення основного матеріалу. Представимо ієрархію характерних об'ємів водосховищ наступною нерівністю:

$$0 < V_{DS} < V_{US} < V_{max}, \quad (2)$$

де V_{DS} – мертвий об'єм, який в нормальних умовах не використовується для регулювання стоку [7]; V_{US} – «нормальний» об'єм, який може підтримуватися в нормальних умовах експлуатації [7]; V_{max} – місткість водосховища (найбільший об'єм води, який може вмістити водосховище [8]); він же – форсований об'єм, який тимчасово допускається у верхньому б'єфі в особливих умовах експлуатації при пропуску паводків малої забезпеченості (рідкісної повторюваності) [7]; він же – катастрофічний об'єм (неприпустимий до застосування, проте показовий, термін згідно ГОСТ 19185-73 "Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения").

На рис. 3 показано схему зменшення характерних об'ємів водосховища при зменшенні його місткості за рахунок намулу Т.

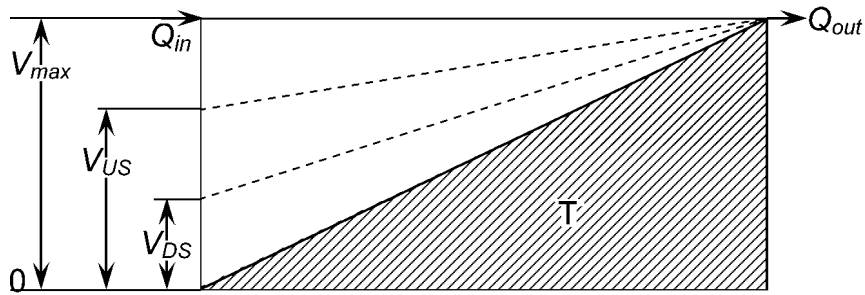


Рис. 3. Зменшення місткості водосховища за рахунок намулу

Однією з найважливіших функцій багатьох гідроенергетичних об'єктів є захист від повеней долини річки нижче гідровузла. Для цього в корисному об'ємі водосховища передбачається об'єм для регулювання паводків V_F (різниця між місткістю V_{max} і нормальним об'ємом V_{US}), який повинен бути спрацьований до сезону паводків. Так, у Асуанському водосховищі з місткості 134 км^3 для регулювання паводків призначено 44 км^3 (33%), у водосховищі ГЕС "Три ущелини" (Китай) для регулювання паводків призначено об'єм $22,2 \text{ км}^3$ (при місткості $39,3 \text{ км}^3$) [5].

Приймемо відношення об'єму для регулювання паводків до місткості за «чутливість» водосховища до інтенсивного збільшення рівня води (у відносних одиницях):

$$S = V_F / V_{max}, \quad (3)$$

Тоді збільшенню місткості (резервного об'єму) відповідатиме зниження чутливості (56% водосховища ГЕС "Три ущелини" проти 33% Асуанського водосховища).

Результатом перевищення можливого максимуму накопиченої води є катастрофічне порушення водного балансу. Водосховище перестає виконувати одну із своїх функцій – утримання прибулого надлишку, який фактично проходить повз ложе, характеризоване формою Φ і розмірами Γ . Таким чином, необхідною і достатньою умовою непорушення водного балансу (застосовності формули (1)) є обмеження об'єму водосховища його можливим максимумом: $\Delta V \leq V_{max}(\Phi, \Gamma)$. Аналіз виявив варіативність місткостей водосховищ з плином часу: $\Delta V \leq V_{max}(t)$.

Висновки. Досліджено причини можливих змін місткості водосховища. Перевищення місткості викликає порушення водного балансу водосховища. Таким чином, визначено умову застосовності формули водного балансу – $\Delta V \leq V_{max}(\Phi, \Gamma, t)$. Умова не враховує перевищення місткості за рахунок льодового покриву.

Список літератури

1. Будз О. П. Гідрологія / О. П. Будз. – Рівне: НУВГП, 2008. – 168 с.
2. Караушев А. В. Теория и методы расчета речных наносов / А. В. Караушев. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 272 с.
3. Rogers J. D. Hoover Dam: Scientific Studies, Name Controversy, Tourist Attraction, and Contributions to Engineering / J. D. Rogers / Hoover Dam 75th Anniversary History Symposium, 21-22 October, 2010. – Las Vegas, 2010. – P. 216-248.
4. Третяк К. Р. Дослідження замулення Тереблянського водосховища / К. Р. Третяк, О. Ломпас // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2010. – Вип. 73. – С. 61-68.
5. Гидроэнергетика и окружающая среда / Под. общ. ред. Ю. Ландау, Л. Сирено. – К.: Либра, 2004. – 484 с.
6. Woldetsadik T. K. International Watercourses Law in the Nile River Basin: Three States at a Crossroads. – USA, Canada: Routledge, 2013. – 320 p.
7. CO 34.21.308-

2005. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2005. 8. ДСТУ 3517-97. Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять.

Водний баланс водосховищ змінної місткості

Анахов П. В., Анахов С. П.

Непередбачені порушення водного балансу обертаються гідрологічними катастрофами. Теорія водосховищ не враховує внутрішніх чинників варіацій водного балансу, які визначають зміни їх місткості. Скорочення місткості приводить до дефіциту протиаводкової резервної ємності – зростає «чутливість» водосховища до інтенсивного збільшення рівня води.

Ключові слова: місткість водосховища; об'єм водосховища; чутливість водосховища до паводків.

Водный баланс водохранилищ переменной вместимости

Анахов П. В., Анахов С. П.

Непредвиденные нарушения водного баланса обращаются гидрологическими катастрофами. Теория водохранилищ не учитывает факторов вариаций водного баланса, которые определяют изменения их вместимости. Сокращение вместимости приводит к дефициту противопаводковой резервной емкости – возрастает «чувствительность» водохранилища к интенсивному увеличению уровня воды.

Ключевые слова: вместимость водохранилища; объем водохранилища; чувствительность водохранилища к паводкам.

Water balance of reservoirs of variable capacity

Anakhov P. V., Anakhov S. P.

Unexpected disturbances of water balance turn into hydrological disasters. Theory of reservoirs does not take into account factors of water balance variations that determine the changes of their capacity. Reduced capacity leads to deficiency of flood reserve capacity – increases the "sensitivity" of reservoir to intensive increase of water level.

Keywords: capacity of reservoir; volume of reservoir; sensitivity of reservoir to floods.

Надійшла до редколегії 06.10.2015

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 11, напівжирний), а потім власне список за його наявності (також кегль 11). 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 – кегль 10).

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Науковий збірник

2015 рік

Том 3 (38)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка –Москаленко С.О.

Підписано до друку 20.10.2015
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Arial. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 300 прим. Зам. № 52-014.



Видавництво географічної літератури “Обрії”

Свідоцтво Держкомінформ України

ДК № 23 від 30.03.2000 р.

Київ, вул. Старокиївська, 10

Тел.: (096) 882-30-30

e-mail: vgl_obrii@ukr.net

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)