

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
Том 1 (36)

Київ
2015

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2015. – Т. 1 (36). – 151 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

The scientific collection / The editor-in-chief V.K. Khilchevskiy. – 2015. – Vol. 1(36). – 151 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
(16 березня 2015 р., протокол № 1)*

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

Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.

Оцінка впливу змін клімату на водні ресурси України на основі моделі «клімат-стік» за сценарієм глобального потепління А2..... 8

Шакірманова Ж.Р.

Методика довгострокового прогнозу наповнення поверхневими весняними водами Хаджибейського і Куяльницького лиманів..... 17

Тодорова О.І., Овчарук В.А.

Обґрунтування параметрів формули швидкості руслового добігання хвиль паводків в теплий період року для річок Гірського Криму 25

Медведєва Ю.С.

Особливості розрахунку характеристик максимального стоку паводків і весняних водопіль на базі редуційних формул..... 31

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Олійник В.С., Паньків Н.І., Ткачук О.М., Блистів В.І.

Висотно-поясні закономірності стокорегулювальної ролі лісів Карпат..... 39

Воровка В.П., Демченко В.О., Винокурова С.В.

Динаміка гідрологічних показників Молочного лиману як гідрологічного заказника загальнодержавного значення 46

Кічук Н.С.

Тривалість схилового припливу дощових паводків рідкісної ймовірності перевищення на території Півдня України 56

Чорноморець Ю.О.

Деталізація типів гідрографів весняного стоку з метою їх прогнозування на річках Десна та Прип'ять 63

Рахматулліна Е.Р.

Характеристики гідрологічного режиму річок басейну Південного Бугу в холодний період року та їх сучасні зміни..... 71

Порохівник Т.О., Ободовський О.Г.

Гідрологічна оцінка стоку і транспорту наносів на річках басейну Сіверського Дінця... 81

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Гриб О.М.

Оцінка рівнів та мінералізації води Куяльницького лиману при його поповненні водами Чорного моря 93

Шерстюк Н.П., Сердюк С. М. Результати дослідження вмісту важких металів у воді річок Інгулець та Саксагань.....	101
Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир.....	110
Осипенко В.П. Дослідження особливостей гідрохімічного стану малих водойм Києва на прикладі ставу Горіховатського-2.....	119

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Усенко О.М. Хітони вищих водяних рослин як регулятор росту планктонних водоростей.....	124
--	------------

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Затула В.І., Затула Н.І. Дослідження залежності ступеня континентальності клімату України від географічного положення методами регресійного аналізу.....	130
Горун В.В., Юрасов С.Н. Оптимізація дам্পінга ґрунтів дноуглублення	136

НАУКОВІ ПОВІДОМЛЕННЯ

Манукало В.О. Про участь представників України в міжнародних заходах ЮНЕСКО та Всесвітньої метеорологічної організації з гідрології та водних ресурсів в 2014 році	145
Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”	149

CONTENTS

THE GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Loboda N.S., Serbova Z.F., Bozhok Y.V.

The assessment of the impact of climate change on water resources of Ukraine based on the model "climate- runoff " under global warming scenario A2..... 8

Shakirzanova Zh.

The method of long-term forecast of filling surface spring waters of the estuaries Hadzhibey and Kuyalnik..... 17

Ovcharuk V.A., Todorova E.I.

Justification of parameters of the formula rate of channel lag in the warm season the rivers of the Crimean Mountains..... 25

Medvedeva Y.S.

Features of the calculation of the characteristics of maximum runoff of floods and spring flood based on the reduction formulas 31

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Olijnyk V.S., Pankiv N.I., Tkachuk O.M., Blystiv V.I.

The altitude belt laws of flow regulation role of the forests of Carpathian mountains..... 39

Vorovka V., Demchenko V., Vinokurova S.

The hydrological indices dynamics of Molochnyi Liman(a hydrological reserve of state-wide importance)..... 46

Kichuk N.S.

Duration of slope inflow of rain floods of rare probability of excess in the territory of the South of Ukraine 56

Chornomorets Yu. O.

Detailed of snow melt runoff hydrograph types for hydrological forecasting of snow-melt runoff for Desna and Pripyat 63

Rachmatullina E.R.

The characteristics of the hydrological regime of the Yuzhny Bug Basin Rivers in cold period of year and their modern changes..... 71

Porokhivnyk T., Obodovsky O.

Hydrologic estimation of sediments runoff and transportation for the rivers of the Siverskyi Donetsk Basin..... 81

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Grib O.M.

The evaluation of levels and water mineralization the Kuyal'nickiy liman when its replenishment waters of Black Sea 93

<i>Sherstyuk N.P., Serduk S.N.</i> Results of the study of heavy metals in water rivers Ingulets and Saksagan	101
<i>Hanushchak M.M, Tarasyuk N.A.</i> Assessment of surface water quality basin. Stir.....	110
<i>Osypenko V.P.</i> Investigation of peculiarities of the hydrochemical state of Kyiv little water bodies on the example of the Gorikhovatsky-2 pond.....	119

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

<i>Usenko O.M.</i> Quinones of higher aquatic plants as a regulator of planktonic algae growth.....	124
---	------------

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

<i>Zatula V.I., Zatula N.I.</i> The research of dependence of climate continentality in Ukraine on geographical location with methods of regression analysis	130
<i>Gorun V.V., Urasov S.N.</i> Optimization of soil dumping	136

SCIENTIFIC REPORTS

<i>Manukalo V.O.</i> About the participation of representatives of Ukraine in the UNESCO's and the World Meteorological Organization's international events in the area of hydrology and water resources in 2014	145
The presenting and official registration of the articles for the scientific Periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology».....	149

УДК 556.161."45".18

Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.

Одеський державний екологічний університет

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ "КЛІМАТ-СТІК" ЗА СЦЕНАРІЄМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ А2

Ключові слова: водні ресурси, кліматичний стік, сценарій глобального потепління

Вступ. Для оцінки впливу змін клімату на річковий стік майбутнього використовують дві стратегії. Згідно із першою, розглядаються коливання кліматичних чинників формування стоку, за якими робляться висновки про коливання водності, тобто відбувається прогноз змін водних ресурсів за виявленою тенденцією змін кліматичних чинників. Згідно із другою стратегією дані кліматичних сценаріїв використовуються у математичних моделях формування стоку.

Прикладом першої стратегії є введення поправок та поправочних коефіцієнтів, які характеризують вплив змін клімату на стік, у існуючі розрахункові формули стоку. Наприклад, для урахування змін кліматичних чинників формування весняного водопілля приток лівобережного Дніпра Ж.Р.Шакірзановою рекомендовані спеціальні поправочні коефіцієнти, які відображають зміни водності весняного водопілля в нових кліматичних умовах [19]. Подібний підхід був застосований О.І. Лук'янець та В.О. Балабух для оцінки характеристик річкового стоку Закарпаття [12]. Авторами використовувались установлені за даними минулих років статистичні залежності між характеристиками стоку та метеорологічними показниками.

У ЄС до розрахунків стоку річок в умовах глобального потепління залучаються математичні моделі стоку, на вході яких використовується метеорологічна інформація. Саме такі моделі придатні для розрахунків і прогнозів змін водних ресурсів за даними сценаріїв глобального потепління. Певну проблему використання сучасних математичних моделей формування стоку становить недостатня роздільна здатність моделей. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океану, які мають роздільну здатність $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$, не можуть бути використані для досліджень регіональних особливостей кліматичних змін в Україні, оскільки у такому випадку на її територію припадає приблизно 15 вузлів координатної сітки. Тому моделі повинні мати роздільну здатність на порядок вищу, тобто горизонтальні кроки сітки для розрахунків із задовільною точністю мають становити 20-50 км. Така роздільна здатність є характерною для сучасних гідростатичних моделей прогнозу погоди та клімату [15].

Гідрологічні моделі із розподіленими параметрами, які залучають до розрахунків стоку метеорологічні характеристики та характеристики водозбору [2], дозволяють отримувати ряди поверхневого та підземного стоку. Вони являють собою систему диференціальних рівнянь, представлених у частинних похідних, які описують процеси, що відбуваються на басейні річки [27]. На протязі 2012-2014 рр.

в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ) виконувалась науково-дослідна робота, в якій об'єктом досліджень був Тилігульський лиман: проект 7-ої Рамкової Програми ЄС «Комплексне управління водними ресурсами і прибережною зоною в Європейських лагунах в умовах змін клімату» (FP7-ENV-2011 № 283157 “Integrated water resources and coastal zone management in European lagoons in the context of climate change – Lagoons”). В цьому проекті використовувалась напів-розподілена еко-гідрологічна модель SWIM, яка описує взаємодію води і підстильної поверхні [25]. Вона була розроблена на основі двох моделей: SWAT [20] і MATSALU [22,23]. Модель рекомендована для розрахунків гідрологічних процесів на річкових басейнах з площею від 100 км² до 200000 км² [24]. SWIM має трьохрівневу схему поділу: басейн - суббасейн – гідротоп (гідротоп - набір одиниць в одному суббасейні, які характеризуються однаковим землекористуванням та типом ґрунту). Передбачається, що ці гідротопи характеризуються рівномірною поведінкою процесів, пов'язаних із гідрологією, рослинністю і поживними речовинами. Перш ніж ці процеси агрегуються на рівні суббасейна, вони розраховуються на рівні гідротопів із добовим кроком. Кліматичні параметри приймаються однаковими на рівні суббасейна і визначаються за даними реальних кліматичних станцій, розташованих у межах області дослідження. Ці реальні виміри кліматичних чинників інтерполюються до центрів тяжіння всіх суббасейнів досліджуваного району. Недоліком такої моделі є вимога до значної щільності розташування кліматичних станцій: не менше, ніж одна станція на 100 км². При малій кількості станцій результати моделювання можуть бути незадовільними.

Гідрологічна вивченість території України є недостатньою через нетривалі ряди спостережень та значний вплив водогосподарської діяльності, який посилюється у останні десятиріччя за рахунок змін клімату. Велика кількість гідрологічних станцій, особливо на півдні України, припинила свою діяльність. Внаслідок нестачі даних по стоку та їх трансформації водогосподарськими заходами на півдні України ізоляції норм річного стоку проводилися пунктиром. З точки зору розрахунків максимального та мінімального стоку її можна було вважати невивченою у гідрологічному відношенні. Для відновлення даних про природний (непорушений водогосподарською діяльністю) стік у Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Лободи Н.С. була розроблена модель “клімат-стік”, яка дозволяє виконувати розрахунки природного стоку за метеорологічними даними [3] та переходити до визначення побутового (перетвореного водогосподарською діяльністю) стоку на базі імітаційного стохастичного моделювання [7]. Стік, розрахований за метеорологічними даними, отримав назву кліматичного. Норма річного кліматичного стоку є тотожною величині зонального природного стоку [26]. Особливістю кліматичного стоку є те, що ця характеристика є точковою, яка відноситься до метеорологічної станції або вузла розрахункової сітки. Для визначення кліматичного стоку у межах водозбору необхідна інтерполяція розрахункових даних у вигляді карти ізоліній та обчислення середньозваженого значення.

У другій половині минулого сторіччя розроблення такої моделі було актуальним через значну трансформацію стоку річок України водогосподарською діяльністю та нестачу даних спостережень за стоком як у природних, так і порушених водогосподарською діяльністю умовах на півдні України. Починаючи з 80-х років минулого сторіччя актуальність, теоретична і практична значущість моделі посилилася внаслідок додавання до проблеми оцінки наслідків діяльності людини такого чинника як зміни глобального клімату [4].

Модель “клімат-стік” була калібрована та апробована на матеріалах про стік малих, середніх та великих річок різних географічних зон України, є чутливою до змін кліматичних чинників, дозволяє із задовільною точністю оцінювати зональний стік та вплив підстильної поверхні, включаючи водогосподарські перетворення [1,8,10].

Методики розрахунків природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) та побутового річного стоку при відсутності даних гідрологічних спостережень, розроблені за моделлю “клімат-стік”, увійшли до нової редакції нормативних документів ДБН В.2.4-Х:201Х «Визначення розрахункових гідрологічних характеристик» України та ДБН “Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. СР D.01.05-2012” [14].

Вихідні передумови. Модель “клімат-стік” успішно використовується для розрахунків та прогнозів водних ресурсів України за даними сценаріїв глобального потепління.

У сучасних математичних моделях загальної циркуляції атмосфери і океану, які пов'язуються із типом розвитку суспільства, надається просторовий розподіл у вузлах регулярної сітки, яка з роками стає більш детальною. За сценаріями для кожного вузла надаються дані про середні місячні опади, температури повітря по місяцях та вологість ґрунту. Така інформація дозволяє виконувати розрахунки стоку по місяцях та сезонах з використанням рівняння водно-теплого балансу ділянки суші у модифікації В.С. Мезенцева [16].

Диференціальна форма рівняння водно-теплого балансу записується наступним чином

$$\frac{\partial \beta_E}{\partial \beta_H} + \frac{\partial \beta_Y}{\partial \beta_H} = 1, \quad (1)$$

де H - характеристика ресурсів зволоження, під якою розуміють опади X , що випадають за розрахунковий період, та зміни $w_1 - w_2$ запасів води в ґрунті, тобто $H = X + w_1 - w_2$; $\beta_E, \beta_H, \beta_Y$ - складові рівняння водного балансу представлені у відносних одиницях; E - випаровування з поверхні суші; Y - стік води.

Величини $\beta_E, \beta_H, \beta_Y$ представляють собою відношення складових рівняння водного балансу до характеристики теплоенергетичних ресурсів клімату E_m

$$\beta_H = \frac{H}{E_m}; \beta_E = \frac{E}{E_m}; \beta_Y = \frac{Y}{E_m}. \quad (2)$$

Співвідношення β_H для багаторічного періоду, коли $w_1 - w_2 = 0$, записується як $\beta_X = \frac{X}{E_m}$.

В умовах змін клімату кінцеве вирішення рівняння водно-теплого балансу записується таким чином

$$Y'_K = X' + (w_1 - w_2)' - E'_m \left[1 + \left(\frac{X' + (w_1 - w_2)'}{E'_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (3)$$

де $\bar{Y}'_K$ - величина кліматичного стоку за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; E'_m - величина максимально можливого випаровування за

розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; X' - сума річних опадів за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; $(w_1 - w_2)'$ - зміна запасів води у ґрунті за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм.

Для багаторічного періоду, коли $(w_1 - w_2)' = 0$ рівняння (3) набуває вигляду

$$\bar{Y}_K' = \bar{X}' - \bar{E}_m' \left[1 + \left(\frac{\bar{X}'}{\bar{E}_m'} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (4)$$

де $\bar{Y}_K'$ - середня багаторічна величина кліматичного стоку в умовах змін клімату, мм; $\bar{E}_m'$ - середня багаторічна величина максимально можливого випаровування в умовах змін клімату, мм; $\bar{X}'$ - середня багаторічна величина сум річних опадів в умовах змін клімату, мм.

Особливістю методу водно-теплогового балансу у модифікації В.С.Мезенцева є теоретична обґрунтованість і однозначність такої величини як максимально можливе випаровування E_m . Теплоенергетичний еквівалент E_m є величиною, яка за своїм фізичним змістом близька до поняття випаровуваності (E_0). Останнє різними авторами визначалося як верхня межа випаровування, але інтерпретувалося по-різному: "випаровування зі зволоженої поверхні" (М.І.Будико); "випаровування з водної поверхні при тому ж комплексі метеорологічних умов, що й над сушею" (М.А.Багров); "випаровування для полів, вкритих рослинністю, коли вологість ґрунту близька до найменшої польової вологості" (А.Р.Константинов). В.С. Мезенцевим максимально можливе випаровування було представлено як таке, що має енергетичне походження. LE_m [13]. Величина E_m входить до прибуткової частини теплового балансу суші й добуток LE_m розглядається як граничні ресурси енергії, які забезпечують процес випаровування з поверхні суші у визначених кліматичних умовах

$$LE_m = R^+ + P^+ + (B_1 - B_2), \quad (5)$$

де R^+ - позитивна (прибуткова) частина радіаційного балансу; P^+ - позитивна складова турбулентного теплообміну або тепло, що приходить на ділянку суші в зв'язку з рухом повітря, тобто адвективне тепло; $B_1 - B_2$ - зміна запасів тепла в діяльному шарі ґрунту (теплообмін у ґрунті ΔB); L - приховане тепло пароутворення; LE - витрата тепла на випаровування.

Величина E_m отримала назву "теплоенергетичний еквівалент" або "максимально можливе випаровування" і являє собою шар води, який міг би випаритися з поверхні суші, якби на процес випаровування були витрачені усі теплоенергетичні ресурси клімату LE_m

$$E_m = \frac{R^+ + P^+ + (B_1 - B_2)}{L}. \quad (6)$$

Згідно із цим формулюванням максимально можливе випаровування визначається за даними актинометричних станцій, яких у середині минулого сторіччя на території України та Молдови було 19. Проф. Є.Д. Гопченко та проф. Н.С. Лобода по результатах розрахунків за даними актинометричних станцій були отримані регресійні рівняння, які показують зв'язок між величинами E_m та

температурами повітря у межах України і Молдови й можуть бути використані для визначення максимально можливого випаровування за даними метеорологічних станцій [9]

$$\bar{E}_m = 0,224 \sum \bar{T}_{>10} + 226, r = 0.91, \quad (7)$$

$$\bar{E}_m = 0,209 \sum \bar{T}_{>0} + 179, r = 0.87, \quad (8)$$

$$\bar{E}_m = 13,3 \frac{\sum_{IX} \bar{T}_M}{V} - 307, r = 0.94, \quad (9)$$

де $\frac{\sum_{IX} \bar{T}_M}{V}$ - сума норм середньомісячних температур повітря за літній період (із травня по вересень, включно); $\sum T_{>10}$ - сума температур повітря більше 10°C ; $\sum T_{>0}$ - сума температур повітря більше 0°C .

Середні багаторічні величини суми опадів, максимально можливого випаровування, річного кліматичного стоку для 28 метеорологічних станцій України, були визначені за періоди 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. за сценарієм А1В. Виконано порівняння із даними про норми річного кліматичного стоку до 1989р., починаючи з якого зміни температур повітря набули значущості на всій території України [5]. Установлено, що за сценарієм А1В до 2050р. напіваридна зона розшириться на північ. У період 2031-2050 рр. зменшення водних ресурсів на півдні України досягне 60-70%. Зростання стоку відбуватиметься у межах водозборів річок Прип'ять та Десна, а також у межах Українських Карпат. При цьому Закарпаття та Західний Буг, лівобережні притоки Дністра увійдуть у область зменшення річного стоку [11]. Отримані оцінки водних ресурсів знаходяться у відповідності із результатами розрахунків, отриманими С.І. Сніжко та І.В. Купріковим [17,18], які виконували оцінку водних ресурсів України за балансовим методом, запропонованим французьким вченим L. Turk (1954) та розвинутим польським гідрологом Z. Kaszmarek (1993).

Ціллю даної статті є визначення можливих змін водних ресурсів України на основі моделі "клімат-стік" за даними сценарію А2 для періодів 2011-2030 рр., 2031-2050 рр.

Завданнями роботи є розрахунки та побудова карт ізоліній норм річного кліматичного стоку для періодів 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. за даними сценарію А2, а також порівняння отриманих результатів із даними про норми кліматичного стоку до початку значущого впливу глобального потепління.

Виклад основного матеріалу досліджень. Сценарій А2 на відміну від сценарної родини А1 передбачає збереження місцевих особливостей територій, при якому населення продовжує зростати, а економічний розвиток базується на можливостях та потребах регіонів [21].

Розрахунки середніх багаторічних величин річного кліматичного стоку визначались за даними сценарію А2 для 28 вузлів сітки (метеостанцій), розміщених рівномірно по території України.

Як характеристика зволоженості території може бути використане співвідношення між ресурсами вологи й тепла, яке використовується у методі водно-теплого балансу [16]

$$\beta_X = \frac{\overline{X}}{\overline{E_m}}, \quad (10)$$

де $\overline{X}$ - середнє багаторічне значення річних опадів, мм; $\overline{E_m}$ - середнє багаторічне значення максимально можливого випаровування, мм.

При цьому за величиною β_X можна виділити області зволоженості або посушливості [6]:

Таблиця 1. Класифікація значень β_X

Значення β_X	Класифікація
$\beta_X \geq 1,0$	зона надмірного зволоження
$0,8 < \beta_X < 1,0$	зона достатнього зволоження
$0,5 \leq \beta_X < 0,8$	зона недостатнього зволоження
$0,2 \leq \beta_X < 0,5$	напіваридна зона
$0,03 \leq \beta_X < 0,2$	аридна зона
$\beta_X < 0,03$	гіпераридна зона

Значення $\beta_X = 0,5$ є межею між зоною недостатнього зволоження та напіваридною зоною, $\beta_X = 0,8$ – межею між зоною недостатнього та достатнього зволоження.

Просторова динаміка показника зволоженості β_X за сценарієм А2 свідчить, що до 2050р. площа напіваридної зони ($\beta_X < 0,5$) буде поступово розширюватись (рис. 1, 2, 3), а зона недостатнього зволоження $0,8 < \beta_X < 1,0$ – звужиться. Проте, у 2011-2030рр. збільшиться площа надмірного зволоження $\beta_X \geq 1,0$, що вказує зростання нерівномірності розподілу водних ресурсів на території України.

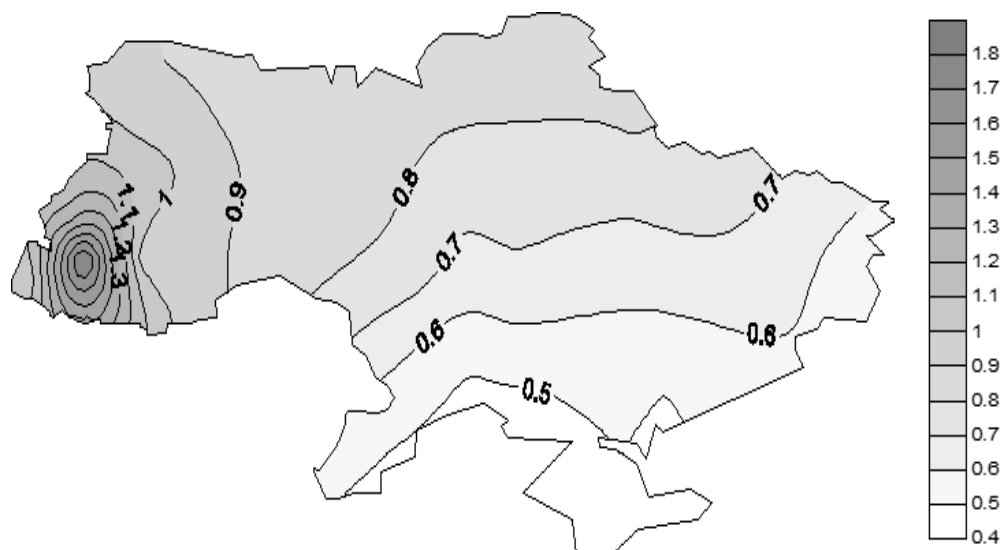


Рис. 1. Просторовий розподіл показника зволоженості β_X , визначений за даними до 1989 року (до початку значущого впливу глобального потепління)

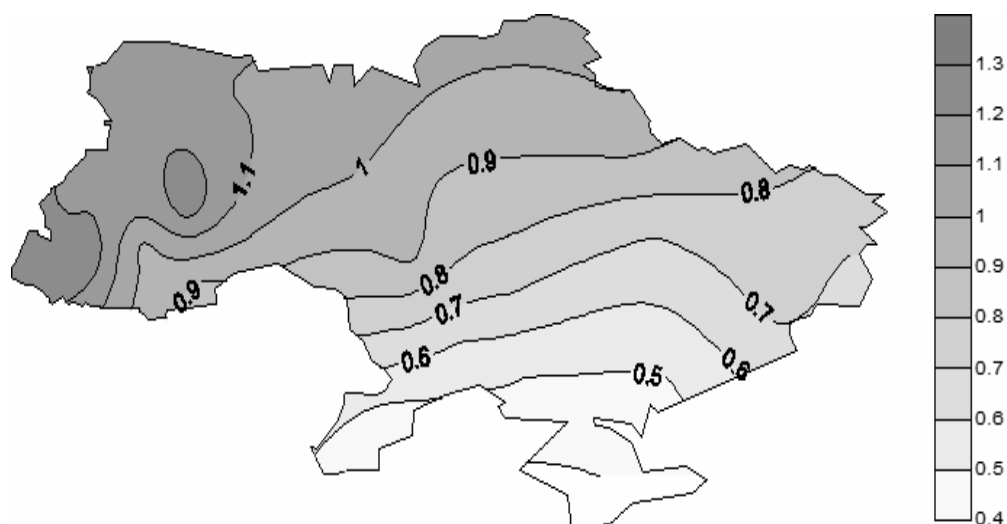


Рис. 2. Просторовий розподіл показника зволоженості β_X за даними 2011-2030 рр. (сценарій A2)

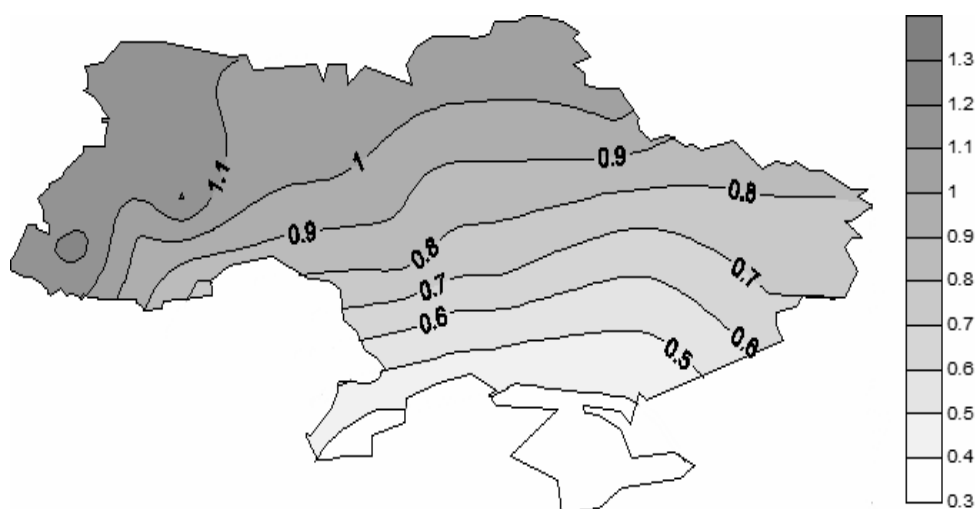


Рис. 3. Просторовий розподіл показника зволоженості β_X за даними 2031-2050 рр. (сценарій A2)

При розгляді відносних відхилень середніх багаторічних значень річного кліматичного стоку від тих його значень, які відповідають минулому сторіччю до 1989р., установлено, що у період 2011-2030 рр. область від'ємних змін буде знаходитися у Кримському Степу, на півдні Херсонщини та у Одеській області, а також у Закарпатті та Буковині (рис.4). Найбільше зниження водних ресурсів спостерігатиметься у Одеській області, на півдні якої воно досягне 40%. У той же час (2011-2030 рр.) на більшій частині території України згідно із сценарієм A2 відбуватиметься зростання водних ресурсів до 80% на півночі і на 40-60% у центральній та східній Україні. Збільшення водних ресурсів буде забезпечуватись збільшенням опадів. У 2031-2050 рр. опади будуть зменшуватись, а максимально можливе випаровування зростатиме, що викличе уповільнення процесу зволоження території та розширення напіваридної зони.



Рис. 4. Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2011-2030 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. (сценарій А2)

Порівняння річного кліматичного стоку за період 2031-2050рр. із розрахунковими даними за 2011-2031рр. показує, що на більшій частині України водні ресурси почнуть зменшуватись і лише у Поліссі та північному сході України буде відбуватися їх зростання до 20% (рис.5).

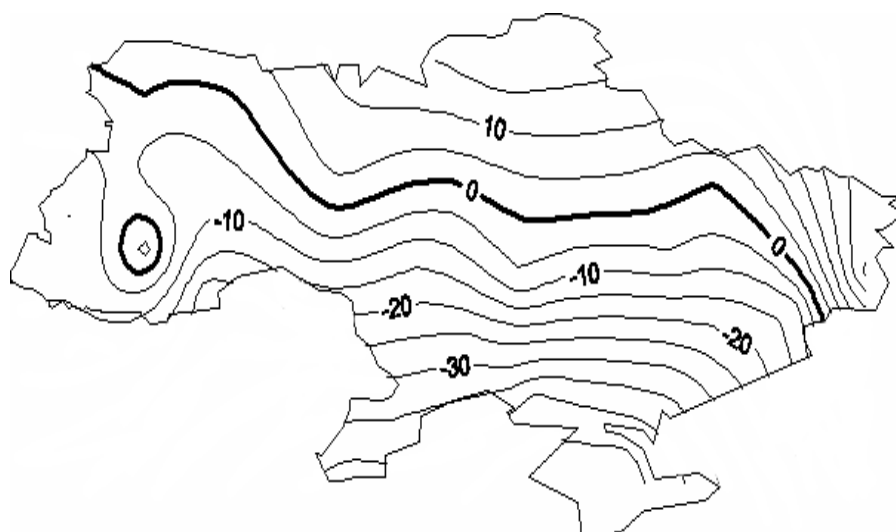


Рис. 5. Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2031-2050 рр. у порівнянні із періодом 2011-2030 рр. (сценарій А2)

Висновки. Згідно із результатами розрахунків, отриманими за сценарієм А2, до 2030р. Україну очікує зростання водних ресурсів від 80-60% на півночі й північному сході та до 40% у центрі. У Закарпатті та Буковині можливе зменшення водних ресурсів на 20-30%. На півдні України як і у сценарію А1В буде відбуватися зменшення водних ресурсів, яке у Одеській області досягне 40%. У період 2031-2050рр. на більшій частині України буде переважати тенденція до зменшення водних ресурсів. У південних областях зменшення стоку буде посилюватись і у Одеській області досягне стану руйнації (більше 50 відсотків). Розвиток подій за сценарієм А2 указує на зростання різниці у забезпеченні водою південних і

північних областей України. Однак наслідки глобального потепління, які прогнозуються за сценарієм А2, будуть не такі катастрофічні як за сценарієм А1В.

Список літератури

1. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / Под ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Голченко. - Одесса: ТЭС, 2012.- 223с.
2. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Критический анализ./ Ю.Б. Виноградов - Л.: Гидрометеиздат, 1988 - 312с.
3. Голченко Е.Д. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу / Е.Д. Голченко, Н.С. Лобода // Наук. Праці УкрНДГМІ. –2001. – Вип.249. – С.106-120.
4. Голченко Е.Д. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления / Е.Д. Голченко, Н.С. Лобода // Гидробиологический журнал. - Киев: Институт гидробиологии НАН Украины. - т.36, №3. - 2000. - С. 67 - 78.
5. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз)./ В.В. Гребінь –К.: Ніка-центр, 2010. -316 с.
6. Дж.К.Родда Грани гидрологии./ Родда Дж.К. Л.: Гидрометеиздат. – 535с.
7. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. / Н.С. Лобода – Одесса: Экология, 2005. – 207 с.
8. Лобода Н.С. Влияние изменений климата на водные ресурсы Украины (моделирование и прогнозы по данным климатических сценариев) // Глобальные и региональные изменения климата под ред. Шестопалова В.М., Логинова В.Ф.,Осадчего В.И. и др.) – К.: Ніка-Центр, 2011. – С. 340-352.
9. Лобода Н.С. Нормування характеристик природного річного стоку України / Н.С.Лобода, Е.Д. Голченко // Наукові праці УкрНДГМІ. – Вип.252. – К.:Ніка – Центр. –2003. – С.5 - 10.
10. Лобода Н.С. Дослідження впливу змін річкового стоку за кліматичними сценаріями на гідроекологічний стан північно-західної частини Чорного моря / Н.С. Лобода, Ю.С. Тучковенко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія:біологія № 3 (44). -2010. – С. 143-145.
11. Лобода Н.С. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В / Н.С. Лобода, З.Ф. Сербова, Ю.В. Божок // Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса:ТЕС, 2014. – №15. – С. 149-159.
12. Лук'янець О.І. Оцінка взаємозв'язку елементів водного балансу в сучасних умовах та впливу кліматичних змін на річковий стік в Закарпатській області / О.І. Лук'янець. В.О. Балабух // Матеріали VI Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю "Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології". - м. Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2014 р. – С. 187-190.
13. Мезенцев В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич - Л.: Гидрометеиздат,1969. – 75 с.
14. Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. СР D.01.05-2012. (у співавторстві). – 180 с.
15. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату. – К: Мінприроди України, 2009. – 282 с.
16. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / Мезенцев В.С., Карнацевич И.В., Белоненко Г.В., Плотников Ю.Н., Полисадов С.Д. (Под ред. В.С.Мезенцева). -М.Колос, 1974. -240 с.
17. Сніжко С. Оценка изменения водного стока рек Украины на основе водно-балансовых моделей / С. Сніжко, І. Купріков, О Шевченко.// Фізична географія та геоморфологія. – 2012. – Вип.2(66). – С. 157-161.
18. Сніжко С. Зміна клімату і ресурси місцевого стоку в Україні у ХХІ столітті / С. Сніжко, М. Яцюк, І. Купріков, В. Струтинська, О. Шевченко // Україна:географія цілей та можливостей. Зб. наук.праць. – Н.:ФОП "Лисенко М.М.", 2012.-Т.1 – С.77-80.
19. Шакірзанова Ж.Р. Визначення основних факторів весняного водопілля річок Лівобережжя Дніпра при довгострокових прогнозах його характеристик / Ж.Р. Шакірзанова // Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса., ТЕС, 2013.- С.99-109.
20. Arnold J.G. comprehensive surface-groundwater flow model / Journal of Hydrology. / J.G Arnold., P.M. Allen, G. Bernhardt - 1993. - v. 142. - pp. 47-69.
21. Giorgi F. Introduction to special issue: Regional climate modeling revisited / F. Giorgi, L.O Mearns. // Journal of Geophysical Research – 1999. – Vol. 104. – P. 6335-6352.
22. Krysanova, V. & Luik, H. (eds.) Simulation modelling of a system watershed - river - sea bay. - Tallinn, Valgus, 1989. - 428 p.
23. Krysanova V. Simulation modelling of the coastal waters pollution from agricultural watershed / Ecological Modelling. / V. Krysanova, A. Meiner, J Roosaare, A.

Vasilyev - 1989. – v. 49. - pp. 7-29. **24.** Krysanova, V. Development of the ecohydrological model SWIM for regional impact studies and vulnerability assessment / V. Krysanova, F. & Wechsung, F. Hattermann / Hydrological Processes. - 2005. – v.19. – pp. 763-783. **25.** Krysanova V. SWIM (Soil and Water Integrated model) User Manual./ V. Krysanova, F. Wechsung, - 2000. – 239 p. **26.** Loboda N.S. The assessment of present and future Ukrainian water resources on meteorological evidence / N.S. Loboda // Climat and Water.-1998.-Vol.1.-P.1486-1494. **27.** World Meteorological Organization, 2003. 2003: Integration and Coupling of Hydrological Models with Water Quality Models: Applications in Europe (B. Arheimer and J. Olsson). WMO Technical Reports in Hydrology and Water Resources, No. 75. WMO/TD-No. 1174. Geneva

Оцінка впливу змін клімату на водні ресурси України на основі моделі «клімат-стік» за сценарієм глобального потепління A2

Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.

Оцінений вплив можливих змін клімату за сценарієм A2 на водні ресурси України за періоди 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. на базі моделі "клімат-стік", розробленій в ОДЕКУ.

Ключові слова: водні ресурси, кліматичний стік, сценарій глобального потепління

Оценка влияния изменений климата на водные ресурсы Украины на основе модели «климат-сток» по сценарию глобального потепления A2

Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.

Оценено влияние возможных изменений климата по сценарию A2 на водные ресурсы Украины за периоды 2011-2030 гг., 2031-2050 гг. на основе модели "климат-сток", разработанной в ОГЭКУ.

Ключевые слова: водные ресурсы, климатический сток, сценарий глобального потепления

The assessment of the impact of climate change on water resources of Ukraine based on the model "climate- runoff " under global warming scenario A2

Loboda N.S, Serbova Z.F., Bozhok Y.V.

Impact of possible climate change (scenario A2) on water resources of Ukraine for periods 2011-2030, 2031-2050 is estimated. In investigation "climate- runoff" model, which was developed in OSENU, is used.

Keywords: water resources, climate runoff, global warming scenario.

Надійшла до редколегії 09.12.2014

УДК 556.16.06(321):556.55

Шакіризанова Ж.Р.

Одеський державний екологічний університет

МЕТОДИКА ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУ НАПОВНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИМИ ВЕСНЯНИМИ ВОДАМИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО І КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНІВ

Ключові слова: довгостроковий прогноз, обмеженість спостережень, весняне водопілля, об'єми та рівні води

Вступ. Дане дослідження спрямовано на оцінку ефективності методики прогнозування надходження об'ємів поверхневих тало-дощових вод до замкнених (відокремлених від моря) лиманів Хаджибей і Куяльник, що розташовані на узбережжі Чорного моря в районі м.Одеси. В роботі представлена практична схема розрахунків очікуваних об'ємів і максимальних рівнів води в лиманах в період весняного водопілля за методикою, що викладена в попередніх роботах [1-3].

Гідрологічний режим Хаджибея в останні десятиріччя характеризувався суттєвим підвищенням рівнів води у ньому за рахунок інтенсивного скидання у лиман стічних вод станції біологічної очистки «Північна», що стало загрозою у період багатоводних весняних водопіль можливістю затоплення дамби і прилеглих територій міста Одеси.

При незначній водності останніх років рівні води в ньому поки-що залишаються вищими встановленого (за проектом інституту «УкрПівдендінпроводгосп») нормального підпертого рівня на відмітці мінус 0,5 м БС і за наявності багатоводних водопіль і дощових паводків може виникнути небезпека переливу води через дамбу. Крім того, в лимані обмежений і максимальний рівень води на відмітці плюс 1,57 м БС, а для безпечного функціонування автомобільного шляху, прокладеного по дамбі, відповідно до будівельних норм при вітро-хвильових процесах, призначена відмітка гребеня на рівні 3,1 м БС [4].

Проблеми близько розташованого Куяльницького лиману полягають у значному зниженні рівня води у ньому у зв'язку з зарегулюванням стоку р.Великий Куяльник, яка живить лиман значною кількістю ставків і невеликих водойм. На сьогодні рівні води в лимані дещо збільшуються (за підтримки морськими водами) але дефіцит річкового стоку поки що залишається.

У виданні Українського відділення Міжнародної академії Наук, Екології, Безпеки Людини і Природи (автори В.П.Зізак і А.М.Скачек) запропоновані проекти розвитку Одеського портово-промислового комплексу в зоні Хаджибейського лиману, будова судноплавного каналу «Хаджибейський лиман – Чорне море», створення нових магістральних транспортних естакад, які можуть сприяти покращенню гідроекологічного стану лиману і регіону в цілому [5]. Введення в дію каналу, що з'єднає Хаджибейський лиман з морем, призведе до зменшення рівнів води в ньому і зниження загрози затоплення високими водами Куяльницько-Хаджибейського пересипу, поліпшення кратності водообміну за рахунок вільного водообміну лиману з морем і циркуляції води в його чаші, реабілітації екологічного стану лиману, відтворення заплавлених територій Хаджибея як рекреаційної зони відпочинку одеситів і, опосередковано, створення умов для порятунку від обміління відомого бальнеологічного курорту - Куяльницького лиману.

Однак, необхідно враховувати, що при зниженні рівня води в Хаджибейському лимані може виникнути інша ситуація - засолоніння Хаджибейського, аналогічне з Куяльницьким лиманом, солоність води в якому перевищувала 300-350 ‰ (станом на 2009 р.).

Практичні рекомендації, спрямовані на поліпшення і стабілізацію гідрологічних режимів і гідроекологічного стану лиманів причорноморського регіону в умовах антропогенної діяльності, викладені й в колективній монографії «Актуальні проблеми лиманів північно-західного Причорномор'я» [6].

Вихідні передумови і мета роботи. Враховуючи наявність гідрологоекологічних проблем цих водойм, важливим є розробка методичної бази розрахунків і прогнозів характеристик гідрологічного режиму як самих водойм, так і річок, що їх живлять. Головні труднощі при цьому виникають у зв'язку з практичною відсутністю гідрологічної мережі спостережень в басейнах лиманів. Не обґрунтовано й методику для оцінки повторюваності прогнозних величин шарів стоку у багаторічному розрізі.

Для лиманів Хаджибей і Куяльник необхідно здійснити реалізацію і оцінку методики довгострокового прогнозування надходження поверхневих вод з їх басейнів в період весняного водопілля, а також встановити повторюваність водопіль у багаторічному розрізі.

Такий прогноз необхідний з метою оцінки наповнення лиманів поверхневими водами у весняний період року, а для Хаджибея – можливого підвищення рівнів води до критичних позначок, при яких має місце небезпека затоплення дамби і житло-промислового району м.Одеси – Пересипу.

Одною з важливих проблем реалізації методики прогнозу весняних шарів стоку є те, що гідрологічна мережа спостережень на значній Причорноморській низовині (у т.ч. й у басейнах Хаджибея і Куяльника) майже відсутня, тому необхідним є обґрунтування можливості її використання на території, яка не охоплена даними гідрологічних спостережень. Для територій, не висвітлених даними спостережень пропонується відновлювати поля як метеорологічних факторів весняного стоку, так і шарів стоку весняного водопілля [7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Методичною базою для довгострокового прогнозування є регіональні залежності шарів (об'ємів) весняного стоку (по опорних створах з часовими рядами спостережень) від сумарних запасів вологи на водозборах (виражених у модульних коефіцієнтах) у вигляді [1-3,6]

$$\frac{Y_m}{Y_0} = \frac{(S_m + X_1 + X_2)}{(S_0 + X_{10} + X_{20})}, \quad (1)$$

де Y_m і Y_0 – шар стоку весняного водопілля та його середньобогаторічна величина, мм; S_m , X_1 та X_2 - максимальний запас води в сніговому покриві, опади періоду танення снігу та спаду весняного водопілля, мм; S_0 , X_{10} та X_{20} - відповідно їх середньобогаторічні величини, мм.

Для типізації водності майбутньої весни по залежностях (1) автором використана дискримінантана функція DF , яка розраховується за комплексом гідрометеорологічних чинників водопілля в дату складання прогнозів, за наступним рівнянням

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{Q_{ns}} + a_3 k_L, \quad (2)$$

де $X = (k_X, k_{Q_{ns}}, k_L)$ - вектор ознак чи основних гідрометеорологічних чинників

весняного водопілля: $k_X = \frac{S_m + X_1 + X_2}{S_0 + X_{10} + X_{20}}$ - величини максимальних запасів води в

сніговому покриві, які накопичилися на басейні перед початком весняного сніготанення і дощові опади періоду водопілля; $k_{Q_{ns}} = Q_{ns} / (Q_{ns})_0$ – середньомісячні витрати води перед початком водопілля в опорних створах розглядуваної території (характеризують зволоження ґрунтів); $k_L = L / L_0$ - максимальні за зиму глибини промерзання ґрунтів; $A = (a_0, a_1, a_2, a_3)$ – вектор коефіцієнтів дискримінантної функції.

Для визначення майбутнього типу водності водопілля отримано дві дискримінантні функції вигляду (2) – при виділенні спочатку високих та середніх (за $DF1$), а потім – низьких за водністю водопіль (за $DF2$).

Коефіцієнти для дискримінантних рівнянь DF (2) наводяться в табл.1.

Таблиця 1. Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій (2) при встановленні типу водності весняного водопілля

DF	a_0	a_1	a_2	a_3
$DF1$	-1,88	-14,4	5,73	6,46
$DF2$	0,82	-11,0	5,08	11,0

Можливість прогнозу весняних водопіль різного ступеня інтенсивності (враховуючи знак дискримінантних рівнянь) у вигляді модульних коефіцієнтів шарів стоку $k_Y = Y_m / Y_0$ реалізується в басейнах лиманів за рівнянням

$$k_Y = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3, \quad (3)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти поліному та умови застосування кривих за ознаками DF (представлені в табл.2).

Таблиця 2. Коефіцієнти поліному (3) для прогнозу шарів стоку весняного водопілля

Умови застосування	b_0	b_1	b_2	b_3
$DF1 \geq 0$	$2,10 \cdot 10^{-2}$	0,521	-1,43	3,29
$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	$-3,50 \cdot 10^{-2}$	1,02	-2,40	1,79
$DF1 < 0; DF2 < 0$	$-1,40 \cdot 10^{-2}$	0,25	-0,56	0,38

Спрогнозовані величини шарів стоку весняного водопілля Y_m розраховуються за очікуваними модульними коефіцієнтами k_Y та середньобагаторічними величинами шарів весняного стоку Y_0 (мм)

$$Y_m = k_Y \cdot Y_0. \quad (4)$$

В свою чергу, величина Y_0 для басейнів Хаджибейського та Куяльницького лиманів встановлюється за отриманим для Причорноморського регіону рівнянням в залежності від географічного положення водозборів (φ – географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках $^\circ$ півн.ш.):

$$Y_0 = 5,62(\varphi^0 - 50) + 28. \quad (5)$$

Оскільки прогнозна методика шарів весняного стоку може бути застосована для невивчених річок розглядуваної території проблемною є встановлення допустимої похибки прогнозу. В роботі обґрунтована залежність $\delta_{\text{дон}}$ для шарів стоку (в мм), зокрема, від географічної широти геометричних центрів водозборів (φ^0 півн.ш.)

$$\delta_{\text{дон}} = 1,95(\varphi^0 - 50) + 18. \quad (6)$$

При цьому прогноз вважається справджуваним, якщо абсолютна величина його похибки менша або дорівнює допустимій, тобто $\delta \leq \delta_{\text{дон}}$.

Прогнозні забезпеченості очікуваних величин шарів весняного стоку Y_m представляються у вигляді діапазону забезпеченостей $P_1 < P_{Y_m} < P_2$ (де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, %), що встановлюються за таблицями трипараметричного гама-розподілу С.Н.Крицького і М.Ф.Менкеля при $C_s/C_v=2,5$ [8].

За відсутності гідрологічних спостережень на водних об'єктах (для річок Причорноморської низовини), коефіцієнти варіації шарів стоку одержуються для басейнів лиманів як

$$(C_v)_{Y_m} = 2,63 \cdot Y_0^{-0,34}. \quad (7)$$

Практична схема прогнозування наповнення весняними водами лиманів. Прогнозна методика для передчасного довгострокового визначення шарів стоку та надходження об'ємів весняного водопілля до Хаджибейського і, близько розташованого до нього Куяльницького, лиманів була використана для декількох років (2005-2014 рр.). При складанні прогнозів за обмеженості даних спостережень у регіоні враховувалися відповідні рекомендації до їх встановлення [1-3,7] (на прикладі зимово-весняного періоду 2013-2014 р.).

Вихідною інформацією в прогнозній схемі для басейнів Хаджибейського і Куяльницького лиманів є морфометричні та басейнові характеристики водозборів (площі водозборів F , км²; криві об'ємів води $W = f(H)$; відмітки нулів графіків постів, м БС; залісеність водозборів $f_{\text{л}}$, %; географічна широта геометричних центрів водозборів водойм – φ^0 півн.ш. (табл.3), а також середньобаторічні (табл.4) та щорічні гідрометеорологічні фактори і характеристики весняного водопілля.

Таблиця 3. Морфометричні характеристики весняного водопілля в басейні Хаджибейського і Куяльницького лиманів

Водойма	F , км ²	Відмітка нуля графіка поста, м БС	$f_{\text{л}}$, %	φ^0 півн.ш.	φ^0 півн.ш. (в частках град.)
Хаджибей	2700	-2,87	5	46°40	46,67
Куяльник	2250	-7,06	5	46°40	46,67

Таблиця 4. Середньобаторічні гідрометеорологічні чинники і характеристики весняного водопілля в басейнах Хаджибейського та Куяльницького лиманів

S_0 , мм	X_{10} , мм	X_{20} , мм	X_0 , мм	L_0 , см	$(Q_{\text{на}})_0$, м ³ /с (в січні) Хаджибей/Куяльник	Y_0 , мм	$(C_v)_{Y_m}$ за (7)	$\delta_{\text{дон}}$, мм за (6)
25	21	15	61	42	3,51/2,92	9,3	1,35	12

Розрахунок гідрометеорологічних чинників при щорічних довгострокових прогнозах шарів стоку весняного водопілля відбувається в такій послідовності.

1. Сумарна кількість води, яка бере участь у формуванні весняного водопілля визначається як

$$S_m + X'_1 + X'_2 = [S_m(1 - f_{\text{л}}) + k_{\text{л}} S_m f_{\text{л}}] + X'_1 + X'_2, \quad (8)$$

де S_m - максимальні запаси води в сніговому покриві на водозборі (за вимірами у полі) перед весняним водопіллям, мм; $f_{\text{л}}$ – залісеність водозборів, у частках від одиниці; $k_{\text{л}}$ – коефіцієнт снігонакопичення у лісі, прийнятий рівним 1,12.

Величини опадів на період завчасності прогнозу (X'_1 та X'_2) можуть оцінюватися за кліматичною нормою або, з урахуванням метеорологічного прогнозу (як опади вищі за норму, близькі або нижчі за неї).

2. Максимальні (на дату складання прогнозу або за зиму) глибини промерзання ґрунтів під озимими L , см одержуються за даними пунктів їх виміру або у вигляді карто-схеми розподілу по території.

3. Величини середньомісячних витрат води в місяць, який передує початку водопілля встановлюються для басейнів річок північно-західного Причорномор'я,

на яких здійснюються спостереження за витратами води, м³/с, а потім узагальнюються по них.

При складанні прогнозу в дату накопичення максимальних снігозапасів (відповідно до весняних умов 2013-2014 р.) значення гідрометеорологічних чинників наведені в табл.5.

**Таблиця 5. Гідрометеорологічні фактори весняного періоду
2013-2014 р. в басейнах Хаджибейського та Куяльницького лиманів**

S_m , мм (дані вимірів)	X'_1 , мм	X'_2 , мм	X , мм	k_X	$Q_{нев}$, м ³ /с (у січні Q_{01} , м ³ /с) Хаджибей/Куяльник	$k_{Q_{нев}}$	L , см (дані вимірів)	k_L
25	17	12	54	0,88	3,24/2,70	0,92	28	0,66

При використанні запропонованої схеми довгострокового прогнозування шарів весняного стоку (1)-(7) отримане прогнозне значення шару стоку тало-дошових вод Y'_m до Хаджибейського та Куяльницького лиманів у 2013-2014 р. (при максимальних снігозаписах, що спостерігалися 31.01-05.02.2014 р.), яке дорівнює 2,1 мм, при ймовірності його настання у багаторічному періоді – 60-70% (табл.6).

**Таблиця 6. Прогноз шарів тало-дошового стоку
2013-2014 р. в басейні Хаджибейського та Куяльницького лиманів**

Значення дискримінантної функції		k_Y	Y_0 , мм	Y'_m , мм	P %
DF1	DF2				
-5,04	3,08	0,23	9,3	2,1	60-70

Схема розрахунку надходження весняних вод до лиманів.

Розрахунок надходження весняних вод до Хаджибейського і Куяльницького лиманів у весняний період року здійснюється за схемою:

а) визначається початковий рівень води у водоймах $H_{поч}$ у поточному році (на дату випуску прогнозу) за даними вимірів (у відносних відмітках, $H_{відн}$), який перераховується в абсолютні величини ($H_{абс}$)

$$H_{абс} = (H_{відн} / 100) + H_{0''}, \quad (9)$$

де $H_{0''}$ - відмітка нуля графіка поста, м БС (табл.3);

б) за кривою об'ємів лиманів за початковим рівнем води $H_{поч}$ встановлюється початковий об'єм води у водоймах $W_{поч}$;

в) прогнозні величини шарів стоку у період весняного водопілля перераховуються в об'єми води (млн. м³)

$$\Delta W' = Y'_m \cdot F / 10^3, \quad (10)$$

де F - площа водозбору лиману, км² (див. табл.3).

У весняний період 2013-2014 р. спрогнозований об'єм надходження тало-дошових вод становив 6 млн.м³ (для Хаджибейського лиману) та 5 млн.м³ (для Куяльницького лиману);

г) очікуваний об'єм води у водоймах W' за весняний період весняного водопілля розраховується як сума

$$W' = W_{\text{ноч}} + \Delta W', \quad (11)$$

де $\Delta W'$ – визначає зміну об'ємів води у водоймах за період весняного водопілля відносно початкового об'єму $W_{\text{ноч}}$.

При цьому вважалося, що опади на дзеркало водойм під час весняного водопілля компенсуються випаровуванням з їх водної поверхні.

За величиною спрогнозованого об'єму води у водоймах W' за період весняного водопілля, за кривими об'ємів встановлюється максимальний рівень води H'_m , м БС. Перехід до значень H'_m , виражених у відносних відмітках (см) здійснюється за загальною схемою

$$H_{\text{відн}} = (H_{\text{абс}} - H_{\text{"0"}}) \cdot 100. \quad (12)$$

Очікувані максимальні рівні води Хаджибейського лиману у 2014 р. становили відмітку плюс 1,70 м БС (457 см), а Куяльницького – мінус 6,47 м БС (59 см).

Аналіз одержаних результатів. В роботі здійснено перевірку методики прогнозу шарів стоку при встановленні об'ємів та максимальних рівнів води весняного водопілля у Хаджибеї та Куяльнику за період 2005-2014 рр. За отриманою вихідною інформацією складено комп'ютерну базу вихідних даних (2005-2014 рр.), яку використано для складання перевірних прогнозів шарів стоку весняного водопілля. Визначено допустиму похибку максимальних рівнів води: в лимані Хаджибей-п.Усатове – $(\delta_{\text{дон}})_{H_m} = 0,38$ м, в лимані Куяльник-п.Одеса – $(\delta_{\text{дон}})_{H_m} = 0,34$ м.

Отримана задовільна якість прогнозних величин, але для Куяльника має місце заниження спостережених об'ємів води в порівнянні зі спрогнозованими (за період 2005-2014 рр.) на 13 % – у зв'язку з господарським використанням водойми. Забезпеченість допустимої похибки перевірних прогнозів максимальних весняних рівнів води у лиманах $P\%$ становить майже 100%, що обумовлене взагалі незначними їх коливаннями з року в рік (за розрахунковий період, який характеризується відносно пониженою водністю весняного водопілля).

Висновки. Автором роботи обґрунтовано методику довгострокового прогнозу надходження поверхневих вод з водозбору Хаджибейського, а також сусіднього з ним Куяльницького лиманів, при обмеженості або відсутності даних гідрометеорологічних спостережень в регіоні. Вона дозволяє у кожному році по прогнозних шарах весняного стоку надавати кількісну оцінку ступеня наповнення водойм поверхневими тало-дошовими водами з завчасністю 15 діб і більше. Оцінка перевірних прогнозів шарів стоку та очікуваних об'ємів води і максимальних рівнів води у лиманах в період весняного водопілля (за 2005-2014 рр.) показала задовільні результати. Слід зазначити, що подібна схема прогнозування може бути використана й для інших закритих лиманів Причорномор'я (зокрема, реалізована автором для Придунайських водойм [9]).

Список літератури

1. Гопченко Є.Д. Методика довгострокового прогнозу надходження поверхневих вод до закритих лиманів північно-західного Причорномор'я у весняний період року / Є.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакірзанова // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2010. – №3(44). – С. 53-56. 2. Гопченко Є.Д. Проблеми ефективного управління водними ресурсами закритих лиманів-водосховищ північно-західного Причорномор'я / Є.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакірзанова, О.І. Шаменкова // Гідрологія,

гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23). – С.159-167. 3. *Шакірзанова Ж.Р.* Оцінка наповнення замкнених лиманів-водосховищ північно-західного Причорномор'я і довгострокове прогнозування їх стану у весняний період року / Ж.Р. Шакірзанова // «Культура народів Причорномор'я». – 2011. – № 208. – С. 103-107. 4. Водный режим Хаджибейского лимана и мероприятия по его регулированию / М.И. Исаков, Б.Я. Сирота, Н.Ф. Решетников, Н.Н. Решетинский // Одесская региональная Академия наук (ОРАН), Украина. – с. 153-157. 5. *Зизак В.П.* Развитие Одесского порта в Хаджибейском лимане. Судосходный канал Хаджибейсий лиман – Черное море. Развитие районов Куяльницко-Хаджибейской пересыпи. Предложения по проектированию / В.П. Зизак, А.М. Скачек // Международная академия Наук (Украинское отделение), Серия: Экология, Экономика, Безопасность (приложение к бюллетеню). – Одесса, 2012. – 72 с. 6. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: Коллективная монография / под. ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Гопченко. Одесский государственный экологический университет. – Одесса: ТЭС, 2012. – 224 с. 7. *Шакірзанова Ж.Р.* Обґрунтування методики довгострокових прогнозів максимального стоку весняного водопілля при недостатній кількості або відсутності гідрометеорологічних спостережень / Ж.Р. Шакірзанова // Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2014. – Вип.724-725 : Географія. – С.106-111. 8. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с. 9. *Гопченко Є.Д.* Довгострокове прогнозування надходження тало-дошових вод в Придунайські озера / Є.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакірзанова, Ю.С. Медведєва / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідрологічні проблеми та шляхи їх вирішення”: Збірник статей за матеріалами доповідей / Одеськ.Держ. екологічний Університет – Одеса: ТЕС, 2012. – 157-160.

Методика довгострокового прогнозу наповнення поверхневими весняними водами Хаджибейського і Куяльницького лиманів

Шакірзанова Ж.Р.

Здійснено оцінку ефективності методики довгострокового прогнозу надходження поверхневих вод весняного водопілля до замкнених лиманів Причорномор'я.

Ключові слова: довгостроковий прогноз, обмеженість спостережень, весняне водопілля, об'єми та рівні води

Методика долгосрочного прогноза наполнения поверхностными весенними водами Хаджибейского и Куяльницкого лиманов

Шакірзанова Ж.Р.

Выполнена оценка эффективности методики долгосрочного прогноза поступления поверхностных вод весеннего половодья к замкнутым лиманам Причерноморья.

Ключевые слова: долгосрочный прогноз, ограниченность наблюдений, весеннее половодье, объемы и уровни воды

The method of long-term forecast of filling surface spring waters of the estuaries Hadzhibey and Kuyalnik

Shakirzanova Zh.

The estimation of the efficiency of methods of long-term forecast of surface water inflow of spring flood to closed estuaries of the Black Sea has been made.

Keywords: long-term forecast, limited observations, spring flood, the volume and level of water.

Надійшла до редколегії 16.01.2015

Тодорова О.І., Овчарук В.А.

Одеський державний екологічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФОРМУЛИ ШВИДКОСТІ РУСЛОВОГО ДОБІГАННЯ ХВИЛЬ ПАВОДКІВ В ТЕПЛІЙ ПЕРІОД РОКУ ДЛЯ РІЧОК ГІРСЬКОГО КРИМУ

Ключові слова: *максимальний стік, паводки, швидкість руслового добігання*

Вступ. Кримські річки не схожі на річки інших областей України. Їх довжини, площі водозбірних басейнів, а також об'єми стоку невеликі. Довжини практично всіх річок Криму (92,1%) менше 10 км, однак загальна їх протяжність досягає 5996 км. Влітку вони часто пересихають, але при випаданні рясних опадів перетворюються на бурхливі потоки.

Найбільш багатоводні кримські річки - Бельбек, Чорна, Біюк-Карасу і Салгир. Гідрографічна мережа досліджуваної території розвинена вкрай нерівномірно; тут можна знайти значні простори, позбавлені постійно діючих водотоків, в інших районах - добре розвинута мережа малих річок та струмків. Якщо враховувати всі річки і тимчасові водотоки, то середній коефіцієнт густоти річкової мережі в цілому для території становитиме 0,22 км/км².

Характерною особливістю є найбільший розвиток річкової мережі на висотах 600-1100 м абс., де зосереджена основна маса джерел, які дають початок струмкам і річкам. Густота річкової мережі досягає тут 0,7 км/км².

Водний режим річок Гірського Криму у зв'язку з його порівняно невеликою висотою характеризується в цілому досить одноманітними гідрологічними умовами. На водний режим в першу чергу впливають тріщинуваті вапняки, які регулюють поверхневий і підземний стік. Крім того, однією з особливостей річок Криму є різка деформація їх русел. Також слід відмітити, що природний режим більшості річок змінений регулюючим впливом штучних водойм та забором води на зрошення. У зв'язку з цим відзначаються відмінності у водному режимі для різних водотоків і навіть по довжині одній і тієї ж річки.

Річки гірсько-лісової зони помірного клімату [1] з весняною повинню і паводками в іншу частину року властиві західним і північним схилах гірської частини Криму. Вони течуть як на захід, впадаючи в Чорне море, так і на схід, у напрямку до Азовського моря.

По території Південного берегу Криму протікають річки гірсько-лісової зони теплого клімату [1] з паводковий режимом протягом усього року. Це дуже малі водотоки, які отримують живлення переважно під час дощів. Витрати води на Кримських річках під час паводків різко зростають. Абсолютні максимуми формуються в теплий період року при випаданні рясних дощів і можуть у 200 - 400 разів перевищувати середньорічні витрати.

При розробці методик визначення максимального стоку річок у більшості моделей одним з основних параметрів є тривалість руслового добігання, яка в свою чергу визначається через його швидкість.

За наявності гідрометеорологічних вимірювань у розпорядженні дослідника зазвичай є дані про швидкості течії в окремих створах. Що ж до швидкостей добігання хвиль паводків, то такі дані, як правило, відсутні або їх складно отримати. Також слід враховувати ту обставину, що дощові паводки характеризуються короткочасністю проходження, а стандартні спостереження на

гідрометеорологічній мережі проводяться лише в два терміни (зазвичай в 8⁰⁰ і 20⁰⁰), отже піки паводків можуть взагалі бути не зареєстровані.

Аналіз досліджень і публікацій. Розробкою формул швидкостей добігання займалися багато відомих учених-гідрологів: Г.А.Алексєєв [2], А.Н.Бефані [3], Р.А.Нежіховський [4], М.Ф.Срібний [3,4], Д.Л.Соколовський [5], Н.В.Лаликин [6], А.Г.Іваненко [7], Є.Д.Гопченко [7,8,9], Б.В.Кіндюк [10,11], та ін.

В основу більшості з них покладені дані про швидкості течії. Є підходи, коли швидкість добігання визначається безпосередньо в самій структурі формули максимального стоку, наприклад, Г.А.Алексєєва [2].

На нашу думку найбільш перспективним є підхід, який пов'язаний з геометричною схематизацією поперечних перерізів русла. Найбільше розповсюдження знайшли два варіанти такої схематизації:

а) за Р.А. Нежіховським [4]

$$B = bh^m; \quad (1)$$

та

б) за А.М. Бефані [3]

$$h = A\omega^{r_0}, \quad (2)$$

де B – ширина річки; h – максимальна глибина потоку; ω - площа поперечного перерізу; m і r_0 – параметри, чисельних значень які залежать від форми поперечного перерізу русел.

В якості методичної основи для розрахунку швидкості добігання пропонується використовувати відому в гідравліці формулу Шезі:

$$V = \frac{1}{n_p} I^x h^z, \quad (3)$$

де V - швидкість течії; I - ухил русла; h - середня глибина потоку; n_p - коефіцієнт шорсткості; x і z - деякі гідравлічні показники.

Тоді, з урахуванням (3), швидкість руслового добігання описується рівнянням виду [3,4,5,6,12]:

$$V = aQ^\alpha I^\beta, \quad (4)$$

де a - коефіцієнт, що враховує форму перетину і шорсткість русла; α і β - гідравлічні показники.

За Р.А. Нежіховським [4], с урахуванням (1) і (4), α і β дорівнюють:

$$\alpha = \frac{1}{1,5m + 2,5}, \quad (5)$$

$$\beta = \frac{0,75(m+1)}{1,5m + 2,5}, \quad (6)$$

де m – параметр, що враховує форму русла і представляє собою тангенс кута нахилу лінії зв'язку $B = f(\omega)$.

За А.М. Бефані [3], спираючись на (2) і (4), α і β дорівнюють:

$$\alpha = \frac{r}{r+1}, \quad (7)$$

$$\beta = \frac{1}{2(r+1)}, \quad (8)$$

де $r = r_0 z$, r_0 - також як і m , що враховує форму русла і являє собою тангенс кута нахилу лінії зв'язку $h = f(\omega)$, а z – залежить від типу русла.

Свого часу, у роботі [3], авторами для річок України обґрунтовані параметри формули швидкості руслового добігання з використанням схематизації А.М.Бефані.

В даній роботі пропонується варіант розрахунку, який враховує 2 схематизації - А.М.Бефані (за глибиною потоку) та Р.А. Нежіховського (за шириною потоку).

Мета дослідження. Обґрунтування параметрів швидкості добігання хвиль підчас проходження паводків на річках Гірського Криму.

Матеріали дослідження. У довідковій літературі («Основные гидрологические характеристики», Т.6. Украина и Молдавия. Вып.4. Крым) вихідні дані по виміряним витратам води для річок Гірського Криму надані по 34 водозборах з діапазоном площ від $4,5 \text{ км}^2$ (р. Байдарка – с. Орлине) до 3540 км^2 (р. Салгир – с. Двуріччя), отже по них й виконані розрахунки представлені в роботі.

Результати дослідження та їх аналіз. Для обґрунтування регіональних параметрів розрахункової формули руслового добігання для річок Гірського Криму першим етапом є побудова залежностей виду $h = f(\omega)$ та $B = f(\omega)$ для всіх досліджуваних водозборів. Для річок Криму ці залежності виражені досить добре, з високими коефіцієнтами кореляції (рис.1- 4).

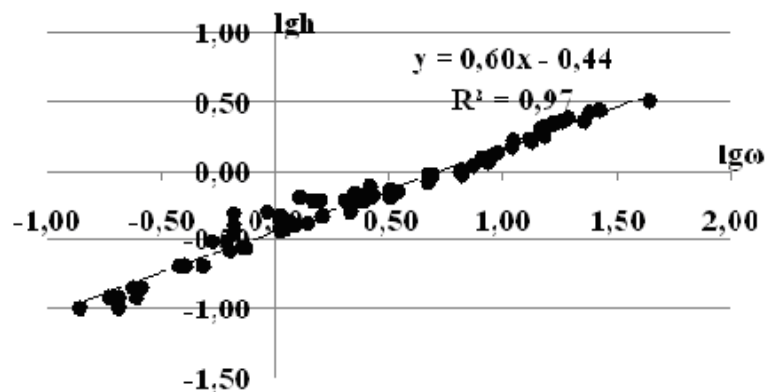


Рис. 1. Залежність між максимальною глибиною потоку і площею поперечного перерізу русла р.Салгир - с.Піонерське

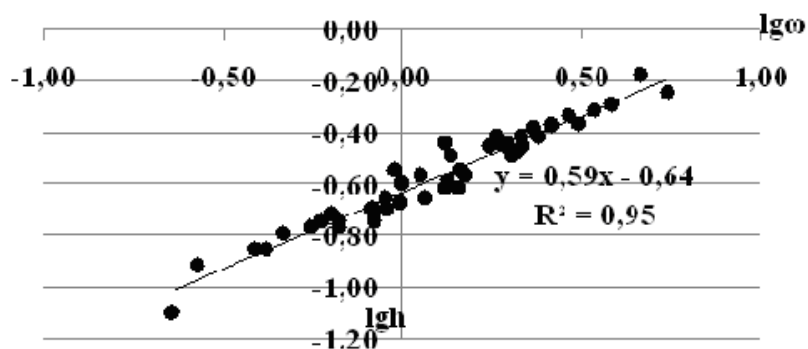


Рис. 2. Залежність між максимальною глибиною потоку і площею поперечного перерізу русла р.Кача - с.Загірське

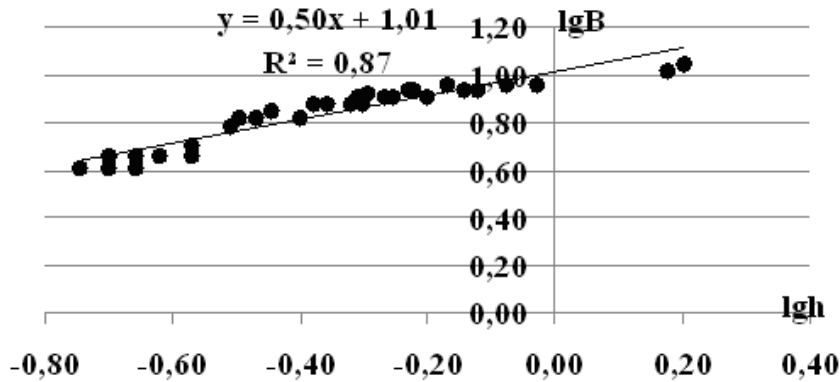


Рис. 3. Залежність між шириною річки і глибиною потоку р.Кокозка-с.Аромат

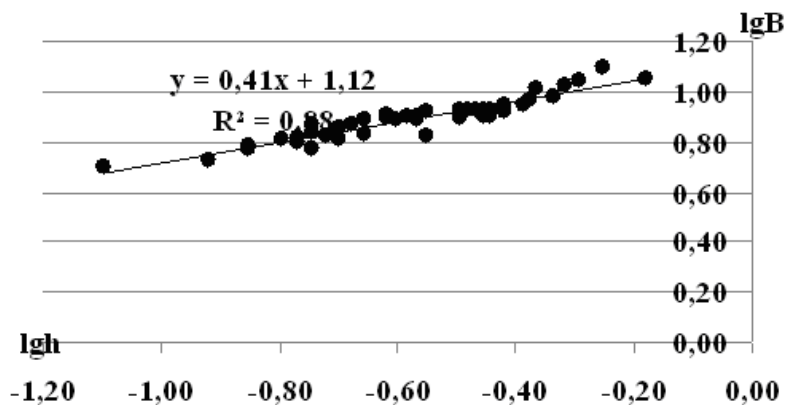


Рис. 4. Залежність між шириною річки і глибиною потоку р.Кача - с.Загірське

По цих залежностях для всіх водозборів отримані значення параметрів m і r_0 , які входять до формул (1) і (2). Перевірка на нормальність цих параметрів показала, що їх можливо осереднити по всій території на рівні $\bar{r}_0 = 0,65$ і $\bar{m} = 0,40$.

З урахуванням отриманих параметрів гідравлічні показники α і β по обох схематизаціях русел виявилися рівними 0,32 і 0,34, відповідно.

Далі, з метою обґрунтування коефіцієнту a у формулі (3), використані залежності $V_{сер} = f(Q)$, по яких були визначені критичні витрати ($Q_{кр}$) і швидкість течії ($V_{кр}$).

Знаючи $V_{кр}$, а також α і β із формули (4) для кожного посту встановлені величини швидкісних коефіцієнтів a , які також як і гідравлічні показники вдалося осереднити для всій території (на рівні 0,25). Тоді розрахункова формула набуває вигляду:

$$V_D = 0,25 Q_{кр}^{0,32} I_{ср.вз}^{0,34} \quad (9)$$

Величина $Q_{кр}$, що входить в рівняння (9), визначається формою і розмірами поперечного перерізу русел, які в свою чергу залежать від розміру водозборів. Тому з метою перетворення початкової формули, для річок досліджуваної території отримана залежність $Q_{кр} = f(F)$.

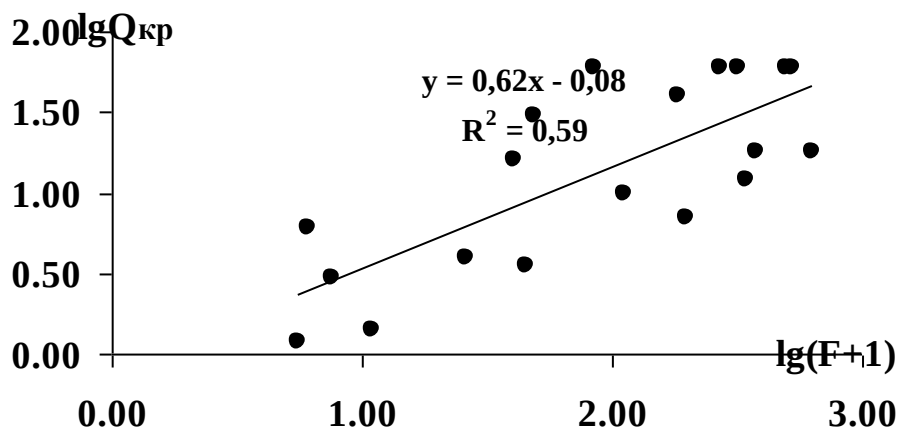


Рис. 5. Залежність критичних витрат води підчас паводків від площі водозборів для річок Гірського Криму

У результаті розрахунку формула швидкості руслового добігання для річок Гірського Криму набуває виду:

$$V_{\partial} = 0,23F^{0,18}I_{cp.вз}^{0,34}, \text{ м/с.} \quad (10)$$

Слід звернути увагу на те що в [9] розрахункова формула швидкості добігання для річок Криму має вигляд:

$$V_{\partial} = 0,32F^{0,13}I_{cp.вз}^{0,33}, \text{ м/с.} \quad (11)$$

З метою порівняння, авторами виконано розрахунок швидкості добігання по даних 56 гідрологічних постів на річках Криму за формулам (10) та (11). Як добре ілюструє рис.6, значення отримані за обома формулами добре узгоджуються між собою, але значення V_{∂} розраховані за (11) на 9% вище ніж за (10). Такі розбіжності, одного боку, знаходяться на рівні точності вимірювання швидкостей течії, а з іншого - пояснюються тим, що у формулі (11) на відмінно від формули (10) враховується лише схематизація по А.М. Бефані за глибиною потоку.

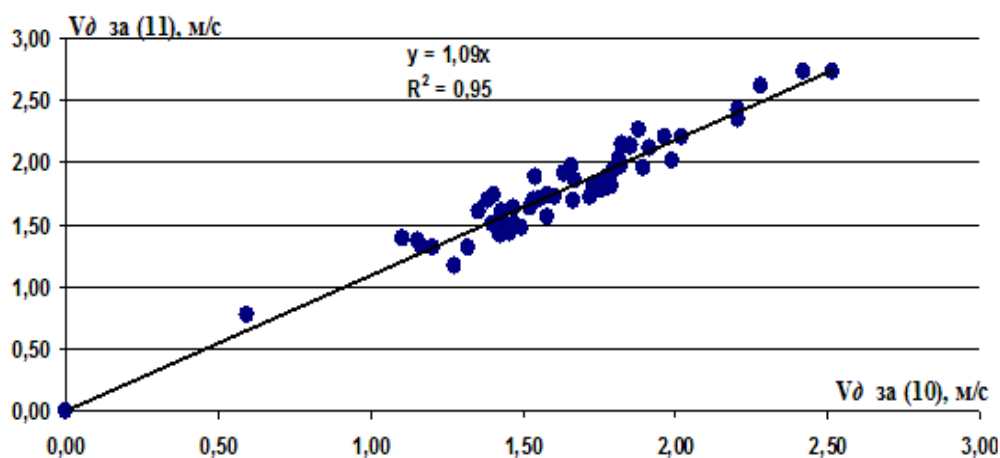


Рис. 6. Порівняння швидкостей руслового добігання отриманими за різними редакціями розрахункової формули для річок Гірського Криму

Висновки.

▪ Для обґрунтування параметрів формули швидкості руслового добігання річок Гірського Криму використаний комбінований метод, який враховує схематизацію поперечного перерізу русел і дані вимірювань швидкостей течій в окремих створів.

▪ Обґрунтована формула (10) може бути використана для визначення швидкості добігання невивчених річок даної території, при необхідному мінімумі вихідних даних - площа водозбору і середньозважений ухил річки.

▪ Уточнена регіональна розрахункова формула для визначення швидкості руслового добігання надалі може бути використана при розрахунках максимального стоку річок Гірського Криму.

Список літератури

1. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. / П.С. Кузин - Л.; Гидрометеиздат, 1960.-455с. 2. Алексеев Г.А. Паводочный сток рек СССР. / Г.А. Алексеев – М.; Гидрометеиздат, 1956.- 107 с. 3. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока / А.Н. Бефани // Труды ОГМИ, вып. XIV, 1958. - С.309. 4. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. / Р.А. Нежиховский. – Л.; Гидрометеиздат, 1971. – 473 с. 5. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 260 с. 6. Лалыкин Н.В. О расчёте скоростей добегаания / Н.В. Лалыкин// Труды ОГМИ. - вып. XV. - 1958. – С.73-87. 7. Иваненко А.Г. Исследование скоростей добегаания паводков на реках Закарпатской области. / А.Г. Иваненко // Труды ОГМИ, 1961, вып.24, с.52-59. 8. Гопченко Е.Д. О расчёте скоростей руслового добегаания на горных реках северо-востока СССР / Е.Д. Гопченко // Метеорология, климатология и гидрология, вып.5, 1969. – с.213-218. 9. Гопченко Е.Д. Методика расчета скорости руслового добегаания на реках Украины / Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук // Причорноморський екологічний бюлетень, №2(24) – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ». – 2007р. – С 53-55. 10. Киндюк Б.В. Гидрографическая сеть и ливневой сток рек Украинских Карпат. / Б.В. Киндюк – Одесса, “ТЭС” – 2003 – 221с. 11. Киндюк Б.В. Розрахунок швидкостей добігання зливових паводків на річках Закарпаття / Б.В. Киндюк, В.А. Овчарук // Водне господарство України. 2005. - №3. – С.55-58. 12. Чеботарев А.И. Общая гидрология. / А.И. Чеботарев // - Л.; Гидрометеиздат, 1975. – 543 с.

Обґрунтування параметрів формули швидкості руслового добігання хвиль паводків в теплий період року для річок Гірського Криму

Тодорова О.І. , Овчарук В.А.

На основі комбінованого підходу з використанням двох схематизацій русла уточнена регіональна формула для визначення швидкості руслового добігання на річках Гірського Криму підчас проходження паводків.

Ключові слова: максимальний стік, паводки, швидкість руслового добігання

Обоснование параметров формулы скорости руслового добегаания волн паводков в теплый период года для рек Горного Крыма

Тодорова Е.И. , Овчарук В.А.

На основе комбинированного подхода с использованием двух схематизаций русла уточнена региональная формула для определения скорости руслового добегаания на реках Горного Крыма во время прохождения паводков.

Ключевые слова: максимальный сток, паводки, скорость руслового добегаания

Justification of parameters of the formula rate of channel lag in the warm season the rivers of the Crimean Mountains

Todorova E.I. , Ovcharuk V.A.

Based on a combined approach using two schematization was developing regional formula for determining the rate of channel lag on the rivers of the Crimean Mountains during the floods.

Keywords: maximal runoff, floods, rate of the channel lag.

Надійшла до редколегії 19.01.2015

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015 – Т.1(36)

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ПАВОДКІВ І ВЕСНЯНИХ ВОДОПІЛЬ НА БАЗІ РЕДУКЦІЙНИХ ФОРМУЛ

Ключові слова: максимальний стік весняних водопіль, трансформаційні коефіцієнти, просторове узагальнення розрахункових параметрів

Вступ. Для визначення розрахункових характеристик максимального стоку річок у вітчизняній і зарубіжній практиці використовується досить велика кількість авторських пропозицій. За Д.Л. Соколовським [1], в окремі категорії виділяються розрахункові формули і методи, які застосовуються для весняних водопіль, а інші – для дощових паводків. У свою чергу, перші поділяються на структури редуційного та об'ємного типів, а стосовно дощових паводків – ще й методи і формули, засновані на гідромеханічних теоріях поверхневого стоку та граничної інтенсивності.

Не зупиняючись на аналізі усього набутого досвіду в галузі розрахунку характеристик максимального стоку річок, розглянемо найбільш поширену (з точки зору практичного застосування) групу формул, а саме – редуційного типу.

Вихідні передумови. Сучасний стан використання редуційних формул у гідрологічних розрахунках весняних водопіль. З метою наукового обґрунтування проектів гідротехнічних споруд у 1926-1928 рр. Д.І. Кочеріним [1] було здійснено просторове узагальнення спостережених матеріалів весняного водопілля у межах Європейської території колишнього СРСР. Розрахункові норми представлені у вигляді таблиці максимальних модулів стоку в залежності від площі водозборів F і регіонів. Але вже у 1927 р. ним була запропонована формула для максимального модуля весняного водопілля q_m вигляду

$$q_m = \frac{q'_m}{F^{n_1}} - B, \quad (1)$$

де q'_m – максимальний модуль схилового припливу (у наших позначках); B і n_1 – регіональні параметри.

Головний недолік структурного рівняння (1) полягав у невизначеності відношення $\frac{q'_m}{F}$ при $F = 0$.

Дослідження максимального стоку свій подальший розвиток знайшли в працях Д.Л. Соколовського (1933-1937 рр.). Замість (1) ним була прийнята більш досконала, порівняно з попередньою, редуційна структура

$$q_m = k_p \frac{q'_m}{(F + 1)^{n_1}} \delta, \quad (2)$$

де k_p – коефіцієнт розмірності; δ – узагальнений коефіцієнт, за допомогою якого враховується зарегульованість q_m озерами, болотами, лісами, карстом й ін.

Через обмеженість вихідних даних по максимальному стоку автором формули (2) було прийнято $n_1 = 0,25$, а параметр q'_m (в розмірностях $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$) представлено у вигляді відповідної карти.

У подальшому Д.Л. Соколовський [1], спираючись на спрощену модель руслових ізохрон (яка не враховує належним чином ефективність русло-заплавного регулювання паводків і водопіль), шляхом сумісного розгляду схилового і руслового гідрографів, отримав часткові рівняння:

- для схилового стоку

$$(Y_m)_{cx} = \frac{1}{k'_{\phi}} q'_m T_0; \quad (3)$$

- для руслового стоку

$$(Y_m)_{русл} = \frac{1}{k_{\phi}} q_m (T_0 + t_p), \quad (4)$$

де $(Y_m)_{cx}$ і $(Y_m)_{русл}$ – шари схилового припливу води під час паводків чи водопіль та руслового стоку; $\frac{1}{k'_{\phi}}$ і $\frac{1}{k_{\phi}}$ – коефіцієнти часової нерівномірності схилового і руслового стоку; q'_m і q_m – максимальні модулі схилового припливу і руслового стоку; T_0 – тривалість схилового припливу; t_p – тривалість руслового добігання.

Допускаючи, що $(Y_m)_{cx} = (Y_m)_{русл}$, а $k'_{\phi} = k_{\phi}$, можна записати узагальнений вираз:

$$q_m = \frac{q'_m}{1 + \frac{t_p}{T_0}}. \quad (5)$$

На основі чисто формальних уявлень щодо процесів формування поверхневого стоку та, припускаючи, що в (2) $k_p = 1,0$ і $\delta = 1,0$, шляхом об'єднання (2) і (5) отримана тотожність

$$\frac{1}{(F + 1)^{n_1}} = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0}}. \quad (6)$$

На підставі (6) Д.Л. Соколовський [1] прийшов до висновку, що в редукційних формулах вигляду (2) площа водозбору F інтегрально описує фізичну сутність трансформації паводків і водопіль лише під впливом тривалості руслового добігання t_p . Суттєвий внесок у розвиток структури (5) належить К.Л. Воскресенському [1], який показав, що максимальний модуль схилового припливу весняного водопілля q'_m представляє собою добуток так званого коефіцієнта «дружності» водопілля k_0 і шару стоку Y_m , тобто

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F + 1)^{n_1}}. \quad (7)$$

Формула (7) була прийнята за базову при підготовці нормативного документу СН 435-72 [2], але в дещо модифікованій редакції

$$q_p = \frac{k_0 Y_p \mu}{(F + 1)^{n_1}} \delta \delta_2, \quad (8)$$

де q_p і Y_p – максимальний модуль і шар стоку весняного водопілля рівнинних річок забезпеченістю $P\%$; δ – коефіцієнт для врахування впливу на

трансформацію водопіль водойм проточного типу; δ_2 – коефіцієнт впливу на максимальний модуль стоку залісенності і заболоченості водозборів; μ – коефіцієнт для врахування розбіжностей у статистичних параметрах шарів стоку і максимальних витрат води.

Параметри n_1 і k_0 представлені в [2] у табличній формі в залежності від природної зони (усього їх 6), а k_0 – ще й від категорії рельєфу.

Для гірських річок розрахункова формула має дещо інший вигляд, порівняно з (8), а саме

$$q_p = \frac{k_0 Y_p \mu}{(F + 1)^{0,15}} \delta_1, \quad (9)$$

де δ_1 – коефіцієнт озерності; k_0 – коефіцієнт «дружності» водопілля, який приймається залежно від середньої висоти водозборів і географічних районів.

При підготовці нового варіанту нормативного документу СНіП 2.01.14-83 [3] науково-методична база для рівнинних річок була майже тією ж, що й у попередньому СН 435-72, тобто

$$q_p = \frac{k_0 Y_p \mu}{(F + b)^{n_1}} \delta \delta_1 \delta_2 \delta_3, \quad (10)$$

де b – емпіричний параметр для врахування тенденції зниження редуції в області невеликих за розмірами водозборів (змінюється він від 1,0 у зоні тундри і лісотундри до 10,0 – степова, посушливих степів і полупустель); n_1 – показник степені, який змінюється від 0,17 (зони тундри і лісотундри); 0,25 (лісостепова зона); 0,35 (степова зона, посушливих степів і полупустель).

Параметр «дружності» водопілля k_0 пропонується визначати за методом гідрологічної аналогії.

Для гірських річок k_0 і n_1 встановлюються за таблицею в залежності від середньої висоти водозборів і географічних районів.

Недоліки нормативно-розрахункової бази в області максимального стоку весняного водопілля. Як вже відзначалося вище, державний нормативний документ СНіП 2.01.14-83, а ще раніше – й СН 435-72, ґрунтувались на структурі редуційних формул. Основні зауваження по їх використанню відносяться головним чином до визначення розрахункових параметрів, а частково – й самої структури.

По-перше, у варіанті (10) порушені умови відповідності формули верхній границі (при $F=0$ відношення q_p повинно дорівнювати $q'_p = k_0 Y_p$). Дійсно, якщо мати на увазі, що у чисельнику замість $k_0 Y_p$ можна підставити q'_p (при допущенні $\mu = 1,0; \delta = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 1,0$), то

$$\frac{q_p}{q'_p} = \frac{1}{(F + b)^{n_1}}. \quad (11)$$

З (11) видно, що верхнє граничне співвідношення $\frac{q_p}{q'_p}$ буде становити

$$\frac{q_p}{q'_p} = \frac{1}{b^{n_1}} \leq 1,0. \quad (12)$$

По друге, не зрозуміло до яких складових розрахункової формули (k_0 чи Y_p) відносяться поправки на залісеність (δ_1), заболоченість (δ_2) та розораність (δ_3).

По-третє, не доведено, що k_0 підлягає районуванню (в методиці СН 435-72) або може визначитись за методом аналогії (СНіП 2.01.14-83).

Виклад основного матеріалу дослідження. Обґрунтування можливих варіантів застосування структури редуційних формул (на прикладі часових рядів максимального стоку водопілля в басейні р. Сіверський Донець). Річка Сіверський Донець знаходиться у південній частині території Росії та в значній частині Харківської області і впадає в р. Дон (права притока). Загальна протяжність річки становить 1053 км, площа водозбору – 98900 км².

Багаторічні спостереження за гідрологічним режимом річок охоплюють 52 водозбори (з площею від 31 км² – р. Ломовата - ст. Алмазна до 73200 км² – р. Сіверський Донець- с. Кружилівка), з них 12 знаходяться на території Російської Федерації.

Спираючись на редуційні гідрографи схилового і руслового стоку, можна записати рівняння [4]:

- для схилового стоку

$$q'_t = q'_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_0} \right)^n \right]; \quad (13)$$

- для руслового стоку

$$q_t = q_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_n} \right)^m \right], \quad (14)$$

де T_0 і T_n – тривалості схилового і руслового стоку, причому

$$T_n = T_0 + t_p + \Delta t, \quad (15)$$

Δt – тривалість, на протязі якої відбувається спрацювання ємності русло-заплавного зарегулювання паводків (водопіль) після проходження їх максимальних піків.

Після інтегрування (13) і (14), відповідно по T_0 і T_n , та припускаючи, що $(Y_m)_{cx} = (Y_m)_{русл}$, запишемо наступне рівняння

$$q_m = \left(\frac{\frac{m+1}{m}}{\frac{n+1}{n}} \right) \frac{q'_m \cdot T_0}{T_n}, \quad (16)$$

де $\frac{m+1}{m}$ і $\frac{n+1}{n}$ – коефіцієнти часової нерівномірності руслового і схилового стоку, а їх відношення – коефіцієнт трансформації форми гідрографів руслового стоку k_m , тобто

$$k_m = \left(\frac{\frac{m+1}{m}}{\frac{n+1}{n}} \right) \leq 1,0, \quad (17)$$

$\frac{T_0}{T_n} = k_n$ – коефіцієнт русло-заплавного зарегулювання паводків (водопіль), причому

$$k_n = \frac{T_0}{T_0 + t_p + \Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0} + \frac{\Delta t}{T_0}} \leq 1,0. \quad (18)$$

Таким чином, з урахуванням (17) і (18), формула (16) набуває вигляду

$$q_m = q'_m k_m k_n. \quad (19)$$

Виходячи з (13),

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m = k_0 Y_m. \quad (20)$$

Підставляючи (20) в (19), маємо

$$q_m = k_0 Y_m k_m k_n. \quad (21)$$

Порівнюючи емпіричне рівняння (7) і засноване на геометричній моделі гідрографів стоку (21), отримаємо співвідношення

$$k_m k_n = \frac{1}{(F+1)^{n_1}}. \quad (22)$$

Коефіцієнт трансформації форми гідрографів весняного водопілля річок басейну Сіверського Дінця k_m (по даних 54 водозборів) описується рівнянням

$$k_m = e^{-0,21 \lg(F+1)}. \quad (23)$$

Щодо коефіцієнта русло-заплавного регулювання, то він дорівнює

$$k_n = e^{-0,33 \lg(F+1)}. \quad (24)$$

Добуток $k_m \cdot k_n$ буде становити

$$k_m \cdot k_n = e^{-0,54 \lg(F+1)}. \quad (25)$$

Тотожність (22) суттєво відрізняється від (6), свого часу запропонованою Д.Л. Соколовським, про що свідчить рис. 1.

З урахуванням того, що добуток $k_m \cdot k_n$ залежить від розміру водозборів, редуційну формулу максимального стоку можна записати в редакції

$$q_m = \frac{k_0 \cdot Y_m}{(F+1)^{n_1}} r, \quad (26)$$

де r – коефіцієнт зарегулювання паводків чи водопіль ємностями проточного типу (озерами, водосховищами); $k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}$ – коефіцієнт трансформації паводкових чи повеневих хвиль на схилах; Y_m – шар стоку за період водопілля (за розрахунковий паводок).

Принциповим, порівняно з формулами (8) і (10), є те, що поправки на залісеність (δ_1) і заболоченість (δ_2) необхідно враховувати окремо на шари стоку Y_m і коефіцієнт схилової трансформації припливу k_0 , тобто

$$Y_m = (Y_m)_{f_\delta=0; f_\pi=0} \cdot k'_\pi \cdot k'_\delta, \quad (27)$$

а

$$k_0 = (k_0)_{f_{\delta}=0; f_L=0} \cdot k_L \cdot k_{\delta}, \quad (28)$$

де $(Y_m)_{f_{\delta}=0; f_L=0}$ – шари стоку весняного водопілля, приведені до умов $f_L=0$ і $f_{\delta}=0$; k'_L і k'_{δ} – коефіцієнти впливу на шари стоку весняного водопілля залісеності (f_L) і заболоченості (f_{δ})

$$k'_L = 1 + a_L f_L; \quad (29)$$

$$k'_{\delta} = 1 - a_{\delta} f_{\delta}; \quad (30)$$

$(k_0)_{f_{\delta}=0; f_L=0}$ – коефіцієнт схилової трансформації водопіль, приведений до умов $f_L=0$ і $f_{\delta}=0$; k_L і k_{δ} – коефіцієнти впливу на k_0 залісеності і заболоченості водозборів

$$k_L = 1 + b_L f_L; \quad (31)$$

$$k_{\delta} = 1 + b_{\delta} f_{\delta}. \quad (32)$$

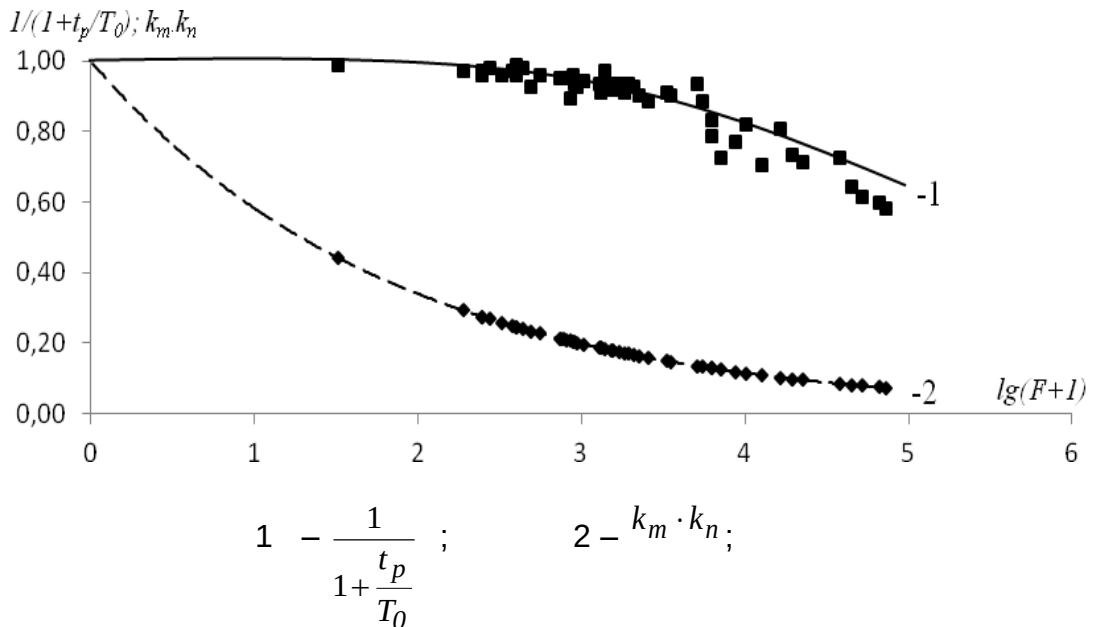


Рис.1. Порівняння редукційних коефіцієнтів весняного водопілля (р.Сіверський Донець)

На підставі викладених міркувань, пропонується такий науково-методичний алгоритм обґрунтування розрахункових параметрів весняного водопілля в структурі формули редукційного вигляду

$$q_{p\%} = \frac{k_0 Y_{1\%}}{(F+1)^{n_1}} \lambda_{p^r}. \quad (33)$$

Для встановлення степеневого показника n_1 формулу (33) представимо в редакції (при $P=1\%$ і $r=1,0$)

$$\frac{q_{1\%}}{Y_{1\%}} = \frac{k_0}{(F+1)^{n_1}}. \quad (34)$$

Залежність (34) у логарифмічних координатах наводиться на рис. 2, в основу якої покладені дані статистичної обробки часових рядів максимальних витрат і шарів стоку весняного водопілля в басейні р.Сіверський Донець.

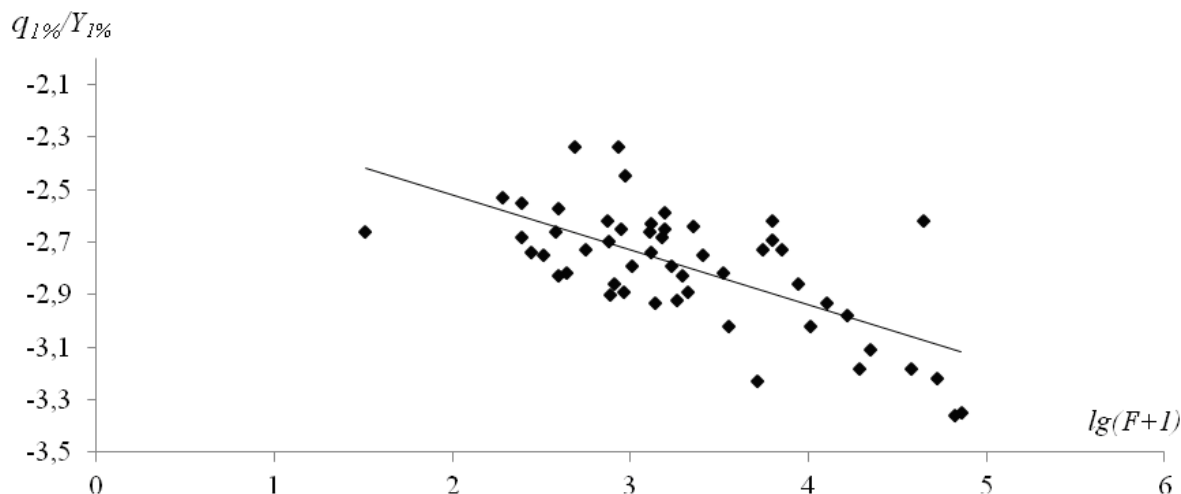


Рис. 2. Залежність відношення $q_{1\%}/Y_{1\%}$ від розміру водозборів

В цілому для досліджуваного об'єкту $n_1 = 0,21$, таким чином,

$$q_{1\%} = \frac{k_0 \cdot Y_{1\%}}{(F+1)^{0,21}}. \quad (35)$$

З (35) є можливість встановлення для кожного водозбору k_0 , оскільки

$$k_0 = \frac{q_{1\%}}{Y_{1\%}} (F+1)^{0,21}. \quad (36)$$

Просторове узагальнення шарів стоку $Y_{1\%}$ і коефіцієнтів схилової трансформації k_0 можливе шляхом осереднення цих параметрів по території або побудуванням відповідних карт.

Перевірка наявних рядів $Y_{1\%}$ і k_0 за допомогою критерію випадковості Гауса показала, що і ті, й інші величини не підлягають осередненню.

Приступаючи до картування $Y_{1\%}$ і k_0 , слід переконатися в тому, що вони обумовлені географічним положенням річкових водозборів, з одного боку, а з іншого, виключити вплив залісеності і заболоченості. З цієї метою усі вихідні дані приводяться до однієї умовної широти φ_0^o півн.ш. Потім послідовно по приведених $(Y_{1\%})_{\varphi=\varphi_0}$ і $(k_0)_{\varphi=\varphi_0}$ встановлюються їх залежності від залісеності і заболоченості водозборів, на основі яких обґрунтовуються рівняння (29) і (30) та (31) і (32). На заключному етапі підготовки даних $Y_{1\%}$ і k_0 до картування здійснюється їх приведення до $f_L = 0$ і $f_{\delta} = 0$, тобто

$$(Y_{1\%})_{f_L=0; f_{\delta}=0} = \frac{Y_{1\%}}{(k'_L \cdot k'_{\delta})}; \quad (37)$$

$$(k_0)_{f_L=0; f_{\delta}=0} = \frac{k_0}{(k_L \cdot k_{\delta})}. \quad (38)$$

При картуванні $(Y_{1\%})_{f_{\lambda}=0; f_{\delta}=0}$ і $(k_0)_{f_{\lambda}=0; f_{\delta}=0}$ дані відносяться до геометричних центрів водозборів.

На матеріалах спостережень за максимальним стоком весняного водопілля в басейні р.Сіверський Донець значущих залежностей $Y_{1\%}$ і k_0 від залісеності і заболоченості не виявлено, що у свою чергу відповідає умовам $k'_{\lambda}=1,0$; $k'_{\delta}=1,0$; $k_{\lambda}=1,0$ і $k_{\delta}=1,0$. Слід зауважити, що за нормативним документом СНіП 2.01.14-83 для річок розглядуваної території передбачені поправки δ_1 і δ_2 , які відрізняються від одиниці.

Висновки. В статті показано, що формули редуційного типу мають теоретичне підґрунтя, яке пов'язане з геометричною моделлю гідрографів схилового і руслового стоку у вигляді одноmodalних нелінійних трикутників.

Встановлені недоліки структурної бази формули СНіП 2.01.14-83, що використовується як теоретична основа при нормуванні розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля.

Обґрунтовуються науково-методичні підходи стосовно визначення і просторового узагальнення параметрів розрахункової формули (шарів стоку і коефіцієнтів схилової трансформації водопілля), у тому числі й на залісених і заболочених водозборах.

Список літератури

1. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский – Л.: Гидрометеиздат. – 1968. – 538 с. 2. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат. – 1973. – 111 с. 3. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат. – 1984. – 448 с. 4. Голченко Е.Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Е.Д.Голченко, М.Е.Романчук – К.: КНТ. – 2005. – 148с.

Особливості розрахунку характеристик максимального стоку паводків і весняних водопілля на базі редуційних формул

Медведева Ю.С.

В статті надається аналіз структури і параметрів формул редуційного типу, які використовуються для нормування розрахункових характеристик весняного водопілля.

Ключові слова: максимальний стік весняних водопілля, трансформаційні коефіцієнти, просторове узагальнення розрахункових параметрів.

Особенности расчета характеристик максимального стока паводков и весенних половодий на базе редуционных формул

Медведева Ю.С.

В статье приводится анализ структуры и параметров формул редуционного типа, которые используются для нормирования расчетных характеристик весеннего половодья.

Ключевые слова: максимальный сток весеннего половодья, трансформационные коэффициенты, пространственное обобщение расчетных параметров.

Features of the calculation of the characteristics of maximum runoff of floods and spring flood based on the reduction formulas

Medvedeva Y.S.

In the article the analysis of the structure and parameters of type reduction formulas that are used for rationing of the calculated characteristics of spring flood.

Key words: maximum runoff of spring flood, transformation coefficients, spatial generalization of the calculated parameters.

Надійшла до редколегії 06.02.2015

УДК 556.1:630*116

Олійник В.С., Паньків Н.І., Ткачук О.М., Блистів В.І.
Прикарпатський НУ ім. Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ

ВИСОТНО-ПОЯСНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ СТОКОРЕГУЛЮВАЛЬНОЇ РОЛІ ЛІСІВ КАРПАТ

Ключові слова: опади, водозбір, водний режим річок, лісистість, площа, коефіцієнт природного зарегулювання стоку, підземне живлення річок, коефіцієнт кореляції.

Загальновідомо, що водний режим карпатських річок досить нерівномірний. Під час зливових опадів на них формуються інтенсивні паводки, які нерідко набувають нищівного характеру. В останні десятиліття це яскраво проявилось у 1969, 1970, 1980, 1992, 1998, 2001 і 2008 роках. У сухі сезони паводки змінюються вкрай низькою меженню, під час якої витрати води в річках бувають у 2000-3000 разів менші, ніж у періоди максимального стоку. Своєю чергою це явище створює проблеми для ритмічності водокористування та підтримання належного екологічного і санітарного стану річкової мережі. За таких обставин основним природним чинником покращення гідрологічного режиму і примноження ресурсів підземних вод річок є лісовий покрив. На цей час з'ясовано, що карпатські ліси здатні зменшувати піки паводків пересічно у 3-4 рази, збільшувати ґрунтове живлення річок у сухі сезони у 10-12 разів, покращуючи тим самим річковий режим у два рази [5,8,9]. Проте для гідрологічних і водогосподарських розрахунків цих даних явно недостатньо, оскільки вони майже не враховують просторову мінливість природних умов регіону, які своєю чергою впливають на гідрометеорологічні особливості водозборів, їх лісовий покрив та виконання ним стокорегулювальних і водоохоронних функцій. До того ж у літературі майже не висвітлена гідрологічна роль лісів Передкарпатської височини, яка у фізико-географічному відношенні є невід'ємною частиною гірської системи.

Досвід вивчення водного режиму лісу [2,5] свідчить, що основним методичним шляхом отримання кількісної його оцінки у різних природних умовах є аналіз залежності показників стоку від зміни лісистості водозборів за зональним принципом на рівнинних територіях і висотно-поясним – у гірських системах. Стосовно карпатського регіону, то тут формується п'ять висотних поясів рослинності: передгірних ялицево-дубових передкарпатських лісів (200-500 м н.р.м.), гірських мішаних лісів із ялини, бука, ялиці (500-900 м) та ялинових лісів (на висотах понад 900 м) північно-східного мегасхилу і центральної частини гір, дубово-букових (до 400 м) та букових (до 1100 м) лісів на південно-західному схилі Закарпаття. Оскільки в нижніх гірських поясах протилежних мегасхилів панують відповідно ялина і бук, то із лісогідрологічних позицій аналіз залежності режиму стоку від лісистості водозборів доцільно проводити для трьох висотних частин Карпат, а саме – передгірної (передкарпатської), гірської із домінуванням бука (Вулканічний і Полонинський хребти) та гірської із поширенням ялини (північно-східний мегасхил і центральна карпатська депресія).

Основні природні чинники, які впливають на формування водного режиму цих територій наступні. На водозборах Передкарпаття річні атмосферні опади коливаються у межах 740-930 мм. Ґрунти під насадженнями буроземно-підзолисті,

місцями оглеєні й заболочені, що зумовлює невеликий підземний стік. Водозбори букових лісів характеризуються найбільшими у регіоні опадами (990-1700 мм), оскільки їх схили перпендикулярно орієнтовані до вологоносних західних повітряних течій. Ґрунти світло-бурі дрібнощебенисті з добрими дренажними властивостями. Водозбори ялинових лісів північно-східного меґасхилу знаходяться у «дошовій тіні», тому тут опади менші, ніж у попередньому випадку і коливаються у межах 970-1475 мм. Ґрунти у цьому поясі темно-бурі щебенисті і кам'яністі. Вони менше, порівняно із ґрунтами букових лісів, акумулюють вологу і сприяють більш посиленій віддачі схилових вод у руслову мережу.

Мета роботи – кількісна оцінка впливу лісистості водозборів у різних фізико-географічних умовах регіону на внутрішньорічний режим стоку та підземне живлення річок.

Об'єкти і методика досліджень. Вплив лісистості на річковий стік аналізували за 52 водозборами гідрометеомережі, які за своєю суттю репрезентативно представляють специфіку природних умов висотних поясів. У таблиці 1 наведені основні морфометричні, фізико-географічні та гідрологічні характеристики річкових басейнів.

Таблиця 1. Характеристики водозборів та зарегулювання річкового стоку в різних висотних поясах карпатського регіону

№ з/п	Водозбір (річка-пункт)	Площа, км ²	Середня висота, м н.р.м.	Лісистість, %	Опади, мм	Коефіцієнт природного зарегулювання стоку	Базовий (підземний) стік, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
I. Букові ліси Полонинського і Вулканічного хребтів							
1	Стара – с. Зняцево	204	300	42	989	0,46	14
2	Уж – с. Жорнава	286	670	45	1303	0,41	58
3	Тур'я – с. Сімер	464	540	56	1235	0,45	36
4	Іршава – смт. Іршава	230	500	59	1318	0,47	123
5	Лужанка – с. Нересниця	149	770	65	1615	0,44	151
6	Боржава – с. Довге	408	620	67	1452	0,45	113
7	Жденявка – с. Верхня Грабівниця	150	770	67	1515	0,57	120
8	Піня – с. Поляна	166	530	72	1253	0,48	53
9	Віча – с. Неліпино	241	760	72	1388	0,57	177
10	Люта – с. Чорноголова	169	700	76	1311	0,49	65
11	Косівська – с. Косівська Поляна	122	1060	83	1614	0,61	194
12	Шопурка – смт. Кобилецька Поляна	240	1000	85	1553	0,64	201
13	Красна – с. Красна	51	880	86	1709	0,55	224
Середні		221	700	67	1404	0,51	118
II. Мішані і ялинові ліси центральної і північно-східної частини Карпат							
1	Яблонька – м. Турка	136	690	31	1080	0,37	41
2	Голятинка – с. Голятин	59	800	32	1132	0,37	46
3	Стрий – с. Завадівка	740	800	35	1254	0,40	50
4	Дністер – с. Стрілки	384	620	40	1018	0,34	44
5	Голятинка – смт. Майдан	86	790	43	1111	0,43	67
6	Путила – смт. Путила	181	960	50	1000	0,37	16

продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Головчанка – с. Тухля	130	810	57	1180	0,45	54
8	Дуба – с. Дуба	35	610	56	1009	0,32	39
9	Ільця – с. Ільці	86	1100	57	984	0,35	48
10	Чорний Черемош – смт. Верховина	652	1200	58	1290	0,51	71
11	Білий Черемош – с. Яблуниця	552	1200	58	1030	0,52	45
12	Лужанка – с. Гошів	146	660	59	1052	0,40	71
13	Стрий – с. Матків	106	860	61	1225	0,47	83
14	Славська – смт. Славське	76	860	65	1210	0,47	84
15	Ружанка – с. Ружанка	89	880	67	1230	0,47	74
16	Опір – м. Сколе	733	820	69	1220	0,51	76
17	Ріка – с. Верхній Бистрий	165	920	69	1166	0,51	86
18	Прут – с. Кремінці	366	1000	69	1076	0,41	35
19	Прут – м. Яремча	597	990	71	1296	0,46	63
20	Чечва – с. Спас	269	820	71	1200	0,46	58
21	Орава – х. Святослав	204	860	77	1210	0,46	84
22	Сукель – с. Тисів	138	770	79	1140	0,55	95
23	Бистриця Надвірнянська – с. Пасічна	482	1000	79	1315	0,49	99
24	Бистриця Солотвинська – с. Гута	112	1100	80	1395	0,46	102
25	Серет – с. Лопушна	152	910	83	970	0,43	37
26	Рибник – с. Рибник	159	830	84	1220	0,43	76
27	Лімниця – с. Осмолода	203	1200	85	1475	0,60	126
28	Свіча – х. Мислівка	201	1000	87	1315	0,56	135
Середні		259	900	63	1172	0,45	68
III. Ялицево-дубові ліси Передкарпатської височини							
1	Дерелуй – с. Молодія	289	300	21	740	0,13	9
2	Ворона – м. Тисмениця	657	330	26	763	0,30	32
3	Михидра – с. Липовани	147	480	35	844	0,17	15
4	Стривігор – с. Луки	910	400	38	854	0,43	44
5	Бистриця – с. Озимина	206	520	41	930	0,26	39
6	Тисьмениця – м. Дрогобич	250	390	47	884	0,31	63
7	Малий Серет – с. Верхні Петрівці	488	550	47	845	0,30	19
8	Болохівка – с. Томашівці	268	350	48	782	0,24	27
9	Серет – м. Сторожинець	672	590	51	852	0,35	43
10	Стриговір – м. Хирів	355	500	55	911	0,42	54
11	Луква – с. Боднарів	185	480	59	895	0,20	34
Середні		402	380	42	845	0,28	34

Показники площі, середньої висоти й лісистості водозборів запозичені із гідрологічних довідників. При цьому процент лісистості уточнювався за картографічними і лісовпорядними матеріалами. Величини атмосферного зволоження водозборів охарактеризовані за публікаціями [1,3], а для не висвітлених у літературі випадках розраховувалися на основі отриманими нами емпіричних залежностях опадів від висоти над рівнем моря для різних орографічних частин Карпат: 1) Вулканічного і Полонинського хребтів; 2) гірської частини басейну Дністер; 3) водозборів Прута і Черемошу [5]. Для передгірних водозборів величина опадів визначалася як середнє арифметичне значення із даних мережі метеопунктів.

У якості основних критеріїв режиму стоку прийняті показники підземного

(базового) живлення річок і коефіцієнт природного зарегулювання стоку, на які карпатські ліси мають чіткий позитивний вплив [5].

Для окремих водозборів допоміжними характеристиками виступали максимальні модулі стоку та шар стоку весняного водопілля і дощових паводків. Багаторічні показники стоку розраховувалися на основі даних гідрометеослужби з допомогою загальноприйнятих у гідрології формул. При цьому базове підземне живлення річок – за показниками мінімального річного стоку води. Для 16 гірських водозборів басейну Дністра ця характеристика запозичена із публікації [1].

Коефіцієнт природного зарегулювання стоку (φ) визначався за Д.Л. Соколовським [6] як відношення площі кривої тривалості добових витрат води до середньої річної витрати:

$$\varphi = \int_0^1 p dk \quad (1)$$

де p – тривалість витрат води, виражених у модульних коефіцієнтах (k). Загалом цей коефіцієнт є інтегральним показником внутрішньорічного режиму стоку, оскільки базується на максимальних, середніх і мінімальних витратах води за річок та їх характеристиках протягом 30, 90, 180, 270 і 355 діб. Залежно від фізико-географічних умов він коливається від 0 до 1. Наші розрахунки показують, що у карпатському регіоні при зміні лісистості з 21 до 85% цей коефіцієнт зростає з 0,13 до 0,64.

З метою кількісної оцінки впливу лісу на величину підземного живлення річок та коефіцієнт природного зарегулювання стоку загальноприйнятим статистичним кореляційним методом розраховувалися відповідні емпіричні залежності.

Результати і обговорення. Із наведених у таблиці 1 даних прослідковуються відмінності у показниках стоку для різних висотних поясів. Найкращий річковий режим притаманний поясу букових лісів із найбільшими у регіоні опадами, лісистістю водозборів та добрими гідрологічними властивостями ґрунтів. Дещо гірші показники зарегулювання стоку річок і їх підземного живлення властиве території поширення мішаних і чистих ялинових лісів з меншими опадами та більш щербенистими ґрунтами, а також значною мінливістю лісистості. В умовах найменшого атмосферного зволоження і невисокої лісистості Передкарпаття гідрологічні показники річок найнижчі.

В усіх трьох частинах регіону із збільшенням лісистості водозборів режим річкового стоку має тенденцію до покращення. Однак на тлі суттєвого природного різноманіття ця закономірність не має функціональної залежності, оскільки на стік впливають більш сильні, ніж лісистість фактори – опади, висота, площа і похили водозборів [5,9]. Натомість позитивний вплив лісу на річковий стік чітко виражений на басейнах-аналогах, тобто водозборах розміщених у подібних ґрунтово-кліматичних і геоморфологічних умовах, що мають приблизно однакові висоти, площі і опади, але відрізняються лісистістю. Для прикладу в таблиці 2 наведені показники стоку з двох пар таких водозборів у буковому і ялиновому поясах із зміною лісистості відповідно із 45 до 76% і з 35 до 69 %. Вони свідчать, що при майже однаковій водності річок порівнювальних об'єктів показники режиму їх стоку значно кращі на більш лісистих басейнах, ніж менш заліснених. Це проявляється у збільшенні підземного живлення річок, посиленні коефіцієнту їх природного зарегулювання, зменшенні стоку весняних повеней і дощових паводків та їх максимальних модулів. Виняток становлять лише весняні повені у поясі букових лісів, об'єми яких мало залежать від лісистості. Це викликано тим, що у холодний сезон року букові деревостани, знаходячись у безлистяному стані і фізіологічному

спокої, майже не впливають на процеси нагромадження і танення снігу, що своєю чергою зумовлює для них процеси водопілля подібні до польових умов [4].

Таблиця 2. Показники річкового стоку на водозборах із різною лісистістю

Характеристики	Водозбори з буковими лісами		Водозбори з ялиновими лісами	
	р. Уж до с. Жорнава	р. Люта до с. Чорноголова	р. Стрий до с. Завадівка	р. Опір до м. Сколе
<i>Загальні характеристики водозборів</i>				
Площа, км ²	286	169	740	733
Середня висота, м н.р.м.	670	700	800	820
Середній похил, ‰	280	328	143	294
Розораність, %	<5	<5	30	15
Лісистість, %	45	76	35	69
<i>Багаторічні гідрологічні показники</i>				
Опади, мм	1303	1311	1254	1210
Сумарний стік води, мм	701	703	681	662
Коефіцієнт стоку води	0,54	0,54	0,54	0,55
Базове (підземне) живлення річок, мм	58	76	50	76
Коефіцієнт природного зарегулювання стоку води	0,41	0,49	0,40	0,51
Максимальні модулі стоку води паводків, л · с ⁻¹ з км ²	490	446	504	341
Стік води весняного водопілля, мм	79	80	212	163
Стік води дощових паводків, мм	35	32	44	40

З метою отримання кількісної оцінки впливу лісу на показники річкового стоку проведено кореляційний аналіз його залежності від лісистості водозборів, їх площі та річних опадів. Включення у статистичні розрахунки площі басейнів викликано їх здатністю впливати на величину максимального стоку (редукція його модуля [7]), який є невід'ємним складником при розрахунках коефіцієнту природного зарегулювання річок, а врахування опадів пов'язане із тим, що вони є головним ресурсоформувальним чинником підземного живлення гідрографічної мережі. Як свідчать дані таблиці 3, у гірських поясах коефіцієнт зарегулювання стоку значно залежить від лісистості водозборів і слабо від їх площ, які здебільшого невеликі. Підземне живлення річок тут залежить як від опадів, так і лісистості.

У передгір'ї стокорегульовальна роль лісу менше виражена, ніж у гірських умовах. На показники стоку тут сильніше впливає площа водозборів і атмосферне зволоження. Очевидно це пов'язане з тим, що у біоценотичному покриві водозборів Передкарпаття ліси не мають домінантного поширення. Із наведеного випливає, що для всіх висотних поясів при оцінці впливу лісу на підземне живлення річок слід враховувати лісистість і опади водозборів, а на коефіцієнт зарегулювання стоку у гірських лісах – лісистість водозборів; у передгірних – окрім лісистості додатково – й площу басейнів.

Таблиця 3. Коефіцієнти кореляції характеристик річкового стоку із опадами, площею і лісистістю водозборів

Варіанти розрахунків	Висотні пояси		
	букових лісів	мішаних і ялинових лісів	передгірних лісів
<i>Парні коефіцієнти кореляції</i>			
Площа – коефіцієнт зарегулювання стоку	-0,43±0,22	0,26±0,18	0,71±0,15
Лісистість – коефіцієнт зарегулювання стоку	0,75±0,12	0,65±0,11	0,42±0,25
Опади – підземне живлення річок	0,91±0,05	0,79±0,07	0,62±0,19
Лісистість – підземне живлення річок	0,77±0,13	0,67±0,10	0,52±0,22
<i>Множинні коефіцієнти кореляції</i>			
Площа – лісистість – коефіцієнт зарегулювання стоку	0,76±0,12	0,72±0,09	0,84±0,09
Опади – лісистість – підземне живлення річок	0,93±0,04	0,86±0,05	0,64±0,18

Емпіричні залежності величин ґрунтового живлення річок (Q_u , мм) від річних опадів (P , мм) і лісистості водозборів (f_l , %) та коефіцієнту природного зарегулювання стоку (φ) від лісистості і площі водозборів (F , км²) мають наступний вид:

1) для букового поясу:

$$Q_u = 0,263 \cdot P + 0,883 \cdot f_l - 311 \quad \text{при } R = 0,93 \pm 0,04; \quad (2)$$

$$\varphi = 0,0037 \cdot f_l + 0,26 \quad \text{при } r = 0,72 \pm 0,13; \quad (3)$$

2) для поясу ялинових лісів:

$$Q = 0,131 \cdot P + 0,665 \cdot f_l - 128 \quad \text{при } R = 0,86 \pm 0,06; \quad (4)$$

$$\varphi = 0,0027 \cdot f_l + 0,28 \quad \text{при } r = 0,65 \pm 0,11; \quad (5)$$

3) для ялицево-дубових лісів Передкарпаття:

$$Q = 0,135 \cdot P + 0,242 \cdot f_l - 90 \quad \text{при } R = 0,64 \pm 0,18; \quad (6)$$

$$\varphi = 2,7 \cdot 10^{-4} + 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot f_l + 0,02 \quad \text{при } R = 0,84 \pm 0,09. \quad (7)$$

Із наведених формул випливає наступне. У всіх відношеннях найкращі гідрологічні властивості лісів букового поясу. Тут на кожні 100 мм збільшення опадів підземне живлення річок зростає пересічно на 26,3 мм, а приріст лісистості на 1% призводить до його збільшення на 0,88 мм (рівняння 2). Отже, в умовах однакового зволоження лісових і польових водозборів величина цього виду стоку у першому випадку буде на 88,3 мм більшою, ніж у другому. Загалом 1 га букового лісу сприяє щорічному приросту об'єму чистої джерельної води приблизно на 883 м³. Із формули (3) випливає, що буковий ліс, порівняно із польовими угіддями, потенційно здатний поліпшувати режим річкового стоку у 2,4 рази.

Дещо слабше виконують стокорегулювальні функції ліси ялинового поясу (рівняння 4 і 5). Тут на кожні 100 мм приросту опадів підземне живлення зростає на 13,1 мм, а під впливом 100% лісистості цей вид стоку збільшується порівняно з полем на 66,5 мм, тобто його приріст становить 665 м³ га⁻¹. Ліс посилює зарегулювання річкового стоку майже в два рази.

У передгірних умовах під впливом опадів базовий стік зростає майже так, як на сусідніх гірських водозборах ялинових лісів, але ліс тут збільшує цей стік лише на 24 мм, або на $242 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ (формула 6). Що ж стосується коефіцієнту зарегулювання стоку, то він посилюється із збільшенням лісистості й площі водозборів (формула 7). Градієнт покращення режиму річок при розширенні лісистості майже такий, як і в буковому поясі, а найбільш відчутний ефект від її приросту на невеликих водозборах із площами до $200 - 300 \text{ км}^2$.

Висновки. Гірські ліси Карпат є потужним стокорегулювальним і водоохоронним чинником, який слід враховувати при веденні водного і лісового господарства та плануванні природоохоронних заходів. Найкраще ці функції виконують ліси букового поясу, менше – ялинового, і найслабше – передгірні. З метою посилення цих властивостей лісу необхідне розширення його площ у ялиновому поясі і, особливо, у передгірних умовах із невисокою лісистістю. В першу чергу це стосується невеликих за площею річкових басейнів.

Список літератури

1. Галущенко Н.Г. Водный баланс рек бассейна Днестра // Труды УкрНИГМИ. – М.: Гидрометеиздат. – 1977. – Вып. 153. – С. 125-139. 2. Гидрологическая роль лесных геосистем / отв. ред. В.А. Снитко. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1989. – 168 с. 3. Кирилюк М.И. Водный баланс / М. И. Кирилюк // Тепловой и водный режим Украинских Карпат. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 202-208. 4. Олійник В.С. Количественная оценка водорегулирующей роли буковых лесов Украинских Карпат / В.С. Олійник // Лесоведение. – 1994. – №4. – С. 3-10. 5. Олійник В.С. Гідрологічна роль лісів Українських Карпат: монографія / В.С. Олійник. – Івано-Франківськ: НАІР, 2013. – 232 с. 6. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 536 с. 7. Чеботарев А.И. Общая гидрология (воды суши) / А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 544 с. 8. Чубатий О.В. Гірські ліси – регулятори водного режиму / О.В. Чубатий. – Ужгород: Карпати, 1984. – 104 с. 9. Шпак И.С. Влияние леса на водный баланс водосборов / И.С. Шпак. – К.: Наукова думка, 1968. – 284 с.

Висотно-поясні закономірності стокорегулювальної ролі лісів Карпат

Олійник В.С., Паньків Н.І., Ткачук О.М., Блистів В.І.

Проаналізовано вплив лісистості водозборів на режим стоку річок та їх підземне живлення у буковому і ялиновому поясах Карпат та ялицево-дубових лісах Передкарпатської височини. Наведено емпіричні залежності стоку річок від ряду природних чинників. Дана кількісна оцінка стокорегулювальної ролі лісу в різних природних умовах регіону. Висвітлені причини мінливості гідрологічних властивостей карпатських лісів.

Ключові слова: опади, водозбір, водний режим річок, лісистість, площа, коефіцієнт природного зарегулювання стоку, підземне живлення річок, коефіцієнт кореляції.

Высотно-поясные закономерности стокорегулирующей роли лесов Карпат

Олійник В.С., Паньков Н.И., Ткачук О.М., Блыстов В.И.

Проанализировано влияние лесистости водосборов на режим стока рек и их подземное питание в буковом и еловом поясах Карпат и пихтово-дубовых лесах Предкарпатской возвышенности. Приведены эмпирические зависимости стока рек от ряда природных факторов. Дана количественная оценка стокорегулирующей роли леса в различных природных условиях региона. Освещены причины изменчивости гидрологических свойств карпатских лесов.

Ключевые слова: осадки, водосбор, водный режим рек, лесистость, площадь, коэффициент естественного зарегулирования стока, подземное питание рек, коэффициент корреляции.

The altitude belt laws of flow regulation role of the forests of Carpathian mountains

Olijnyk V.S., Pankiv N.I., Tkachuk O.M., Blystiv V.I.

The existing the influence of forest cover on watersheds on the flow regime of rivers and their underground feed in the beech and spruce belts of Carpathian mountains and in the fir-oak forests of the Pre-Carpathian upland. The empirical dependences of flow of rivers have been estimated in comparison with a number of natural factors. The quantification of flow regulation role of the forest in different natural conditions of the region have been given. Here are illuminate the reasons of the variability of hydrological properties of the Carpathian forests.

Keywords: *precipitations, watershed, water regime of the rivers, forest cover, area, the coefficient of natural regulation of the flow, underground nutrition of the rivers, the correlation coefficient.*

Надійшла до редколегії 20.01.2015

УДК 556.541(262.54)(26.04)

Воровка В.П.¹, Демченко В.О.², Винокурова С.В.³.

¹*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького*

²*Міжвідомча лабораторія моніторингу екосистем Азовського басейну Інституту морської біології НАН України та Мелітопольського державного педагогічного університету ім. Б. Хмельницького*

³*Азово-Чорноморська орнітологічна станція*

ДИНАМІКА ГІДРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МОЛОЧНОГО ЛИМАНУ ЯК ГІДРОЛОГІЧНОГО ЗАКАЗНИКА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ

Ключові слова: *зміни клімату; акваторія; гирло; гідрологічні характеристики; гідрологічний заказник*

Вступ. Молочний лиман - найбільший за площею лиман Північно-Західного Приазов'я (22000 га). Утворений внаслідок процесів інгресії морських вод Азовського моря у нижню частину долини р. Молочної. Береги сформовані згінно-нагінними процесами, без участі припливно-відпливних. Лиман відноситься до напівзакритих водойм, чий зв'язок з Азовським морем періодично відновлювався або переривався. З цим пов'язані ряд екологічних проблем, які вже були нами розглянуті [2]. Мілководність акваторії, посушливий кліматичний та інтенсивний вітровий режими, тісний зв'язок з середніми і малими річками Приазов'я (Молочна, Ташенак, Джебельня) та з акваторією Азовського моря обумовлюють особливості його гідрологічного режиму.

Молочний лиман має важливе природоохоронне значення як гідрологічний заказник загальнодержавного значення (з 20 жовтня 1974 р.) та водно-болотне угіддя міжнародного значення (з 23 листопада 1995 р.). Мілководність лиману, середній рівень солоності води та особливі мікрокліматичні показники сприяли розвитку уздовж узбережжя мережі оздоровчих закладів, особливо дитячих таборів і центрів.

Тривалі періоди ізоляції лиману від акваторії Азовського моря внаслідок динаміки наносів Пересипу і Степанівської коси, слабке поповнення водного тіла атмосферними водами та зростаючі показники випаровування з-за кліматичних змін сприяли різкому зростанню солоності води і суттєвому зменшенню площі водного дзеркала. У зв'язку з цим упродовж ряду історичних періодів Молочний лиман називався Молочним озером, що свідчило про його закритий гідрологічний режим і підтверджується на багатьох картах тих часів.

Вихідні передумови. Молочний лиман інтенсивно досліджувався починаючи з 30-х років ХХ століття. Основні дослідження здійснювалися на предмет його

гідрохімічних особливостей [1], біологічних складових - ботаніки, зоології, іхтіології. Найбільша увага приділялася рибопродуктивному значенню лиману [4, 6, 7]. Гідрологічні особливості лиману почали інтенсивно досліджувати з 2002 року, коли були виявлені головні проблеми і проявились негативні екологічні наслідки [3, 5]. Географічні чинники сучасного екологічного стану Молочного лиману розглядалися і в географічних роботах [2].

Формулювання цілей статті, постановка завдання.

Метою статті є аналіз динаміки гідрологічних показників Молочного лиману на основі проведених тривалих польових спостережень та з використанням засобів дистанційного зондування Землі. Виходячи з мети, були поставлені і вирішені завдання:

- аналіз природних факторів, які визначають гідрологічні особливості лиману;
- аналіз антропогенних факторів, які визначають гідрологічні особливості лиману;
- аналіз динаміки основних гідрологічних показників Молочного лиману - площі акваторії, об'єму води в лимані, показників солоності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Молочний лиман є частиною північно-західного узбережжя Азовського моря на півдні адміністративної Запорізької області і представляє собою мілководну водойму, витягнуту з півночі на південь на 36 км з найбільшою шириною 9 км у південній частині і найменшою – 4 км у середній частині акваторії. Загальна площа лиману по лінії берега при максимальному рівні води складає 21,945 тис. га. У північній частині в нього впадає р. Молочна, утворюючи дельту з кількома рукавами. У південній частині лиман відокремлений від Азовського моря Пересипом і Степанівською косою, складених піщано-черепашковими відкладами. Береги лиману мають чітко виражену асиметрію, успадковану від долини р. Молочної - правий берег більш високий і крутий, а лівий - низинний і пологий. Сполучення лиману з Азовським морем, починаючи з 1943 року, здійснювалось штучно.

Ефективність функціонування лиману як гідрологічного об'єкту і водно-болотного угіддя міжнародного значення цілком залежала від наявності його зв'язку з Азовським морем через так зване «гирло» - сполучний канал. Існування останнього тривалий час підтримувалось постійною розчисткою від піщано-черепашкових наносів. До 1992 року такі роботи були регулярними і забезпечувалися роботою земснарядів, а після - нерегулярними. Останні 10-12 років такі роботи не здійснюються взагалі або проводяться епізодично. Нерегулярність розчистки каналу не забезпечує достатнього водообміну, що суттєво відбилось на ряді гідрологічних характеристик Молочного лиману як водного об'єкта. Аналіз динаміки деяких змін покладений в основу даної роботи.

В основу аналізу гідрологічних змін Молочного лиману покладене створення об'ємної моделі водного тіла. Враховуючи відсутність карти глибин, було здійснене польове картування профілю дна досліджуваної водойми. Для розрахунку об'єму водного тіла Молочного лиману у 2012 році було закладено вісім трансект, на яких через кожні 200 м мірною рейкою здійснювались заміри глибини. Точки замірів фіксувалися за допомогою GPS. На основі отриманих даних з використанням модуля 3DAnalyst була побудована цифрова модель рельєфу дна, що дало можливість розрахувати об'єм води в лимані. Ретроспективні дані об'ємів води були розраховані на основі вимірів максимальної глибини лиману, отриманих авторами шляхом промірів в окремі роки. Для розрахунку елементів водного балансу використовувались дані О. Дьякова (Менеджмент план Молочного лиману, 2005).

В ході вивчення матеріалів дистанційного зондування Землі (ДДЗ), для яких використовувались дані супутника Pléiades - панхроматичні з розподільчою здатністю 50 см і мультиспектральні з розподільчою здатністю 2 м, ORTHO, за 2013 р.; дані супутника LandSat 5 (сенсор TM) з розподільчою здатністю 30 м за 2003, 2005, 2009, 2011-2013 рр., було отримано динаміку площ акваторії та акумулятивних утворень лиману. Дані супутника Pléiades було надано в рамках програми Pléiades User Group, за що автори висловлюють свою вдячність компанії Astrium.

Дані супутника LandSat були отримані через веб-сервер Glovis (<http://glovis.usgs.gov>), де вони знаходяться у відкритому доступі. З метою уточнення даних з низькою розподільчою здатністю використовувались дані фотозйомки з мотodelьтаплану на висоті 800-1000 м, надані пілотом О. Шиян (2005, 2009, 2013 рр.).

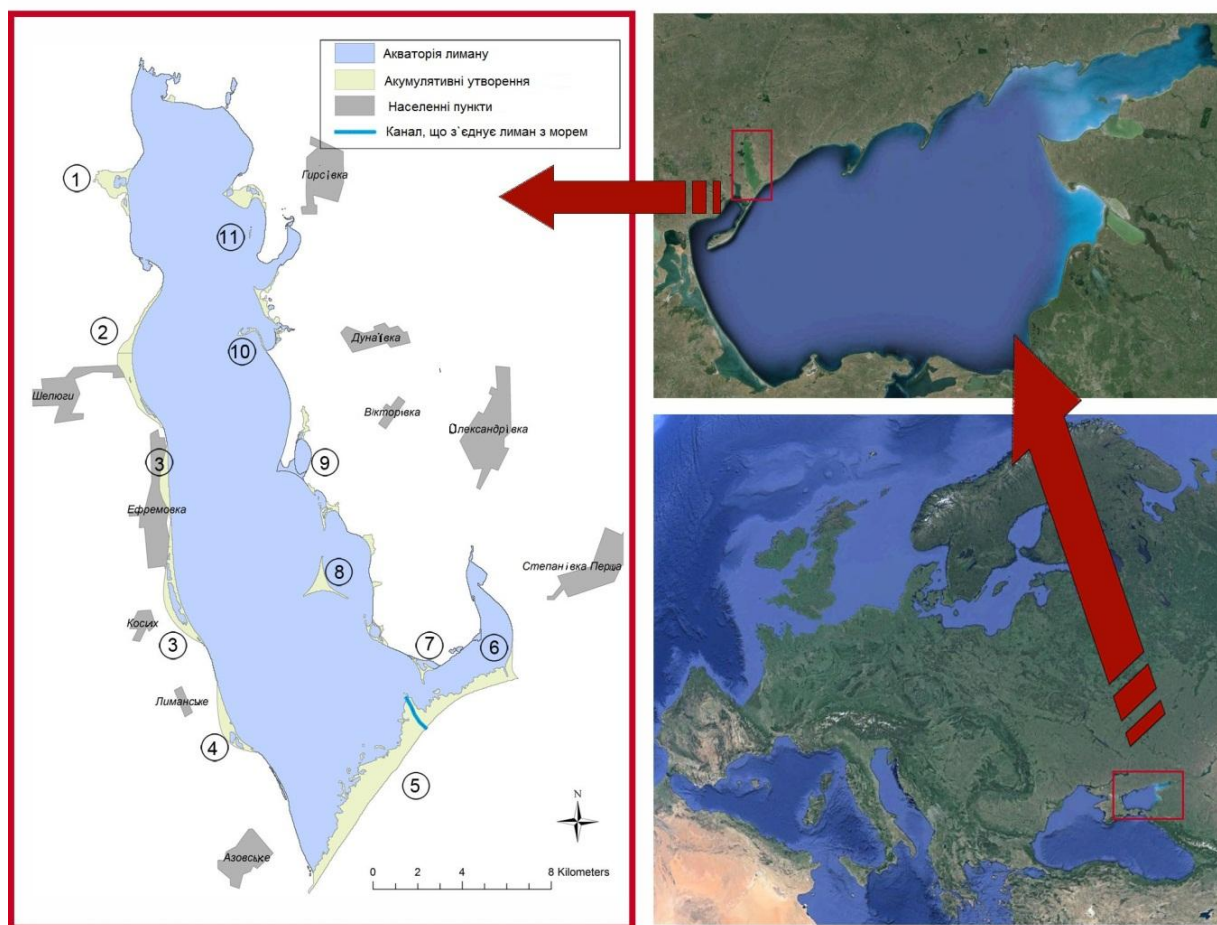


Рис. 1. Регіон досліджень. Молочний лиман:

- 1 – заплава р. Тащанак, 2 – Шелюгівський под, 3 - Ефремівський под, 4 – Лиманський под, 5 – коса Пересип, 6 – Олександрівська затока, 7 – півострів Кубек, 8 – Молочне озеро, 9 – Дунайське озеро, 10 – острів Підкова, 11 – острів Довгий

Крім того, з метою перевірки точності отриманих результатів здійснювались польові виїзди на модельні ділянки, де контури берегової лінії уточнювались на місці за допомогою GPS. Для аналізу даних використовувався програмний пакет ArcGIS 10.

Динаміка багаторічної солоності Молочного лиману була проаналізована на основі літературних даних [1, 5, 6, 7], а з 2009 року вимірювалася за допомогою портативного приладу SensION + EC5.

Багаторічна динаміка температур була розрахована за даними метеорологічного посту м. Генічеська, який за умовами найбільш наближений до Молочного лиману. Дані були отримані з сайту National Climatic Data Center (NCDC) (<http://www.ncdc.noaa.gov/>). Для динаміки температури використовувався показник суми позитивних температур вище 15°C.

Формування гідрологічного режиму Молочного лиману обумовлено багатьма природними та антропогенними факторами. Аналізуючи їх, було визначено, що на його показники найбільший вплив відіграють такі фактори: стік р. Молочної; температура повітря як фактор поверхневого випаровування; водообмін з Азовським морем.

Інші фактори (фільтрація води через тіла піщано-черепашкових коси і пересипу, згінно-нагінні явища та ін.) відіграють другорядну роль і для дослідження їх впливу на гідрологічний режим Молочного лиману необхідно здійснити додаткові дослідження.

Природні фактори, які визначають гідрологічні особливості лиману. Сучасні гідрометеорологічні умови в Азовському басейні досить динамічні, що пов'язується з глобальними змінами клімату. Для Азовського моря відмічені позитивні тренди підвищення кількості опадів, температури, атмосферної циркуляції [3].

Для регіону досліджень найбільш показовою є сума позитивних температур вище +15°C, яка найбільше впливає на показники випаровуваності з поверхні водного дзеркала Молочного лиману. Аналіз багаторічної динаміки наочно демонструє значне зростання суми позитивних температур вище +15°C у межах досліджуваного регіону (рис. 2). Аналізуючи лінію тренду слід відзначити, що у середньому багаторічне зростання суми позитивних температур становить близько 40°C на рік. Разом з тим слід відмітити, що упродовж 2008-2012 рр. відмічене подвійне зростання даного показника (до 80°C на рік).

Разом з температурними показниками на гідрологічні характеристики Молочного лиману істотно впливає стік р. Молочної. При цьому слід зазначити, що поверхневий стік річки та її приток зарегульований - по руслах і в заплавах створено 96 ставків і водосховищ. У різні роки він коливається у межах 13,87-154,96 млн.м³ і в середньому становить 53,46±5,45 млн.м³.

Антропогенні фактори, які визначають гідрологічні особливості лиману. Ефективне функціонування Молочного лиману як гідрологічного об'єкту і як екотонної екосистеми завжди було пов'язане з рівнем водообміну через штучний канал з Азовським морем. Існуюча колоподібна (проти ходу часової стрілки) течія в Азовському морі сприяє перенесенню піщано-черепашкових відкладів, формуючи коси у межах північного узбережжя. Значна частина відкладів осідає у каналі, який з'єднує лиман з морем

Історично Молочний лиман був закритою ультрагалінною водоймою. І лише в окремі роки піщано-черепашкову косу розмивало і в нього потрапляла більш прісна морська вода. Це відбувалося у 1909, 1929, 1931-1932, 1940 рр. (Янковський, 1965). Але вже через рік протоку знову заносило піщано-черепашковими відкладами і лиман переходив у стан замкнутої водойми.

Лише 1943 року під час військових дій внаслідок серії цілеспрямованих вибухів відбулося суттєве порушення пересипу. Утворена протока була сильно розмита під час осінніх штормів і виявилась більш стійкою до замулення. Саме після утворення цієї протоки лиман вступив у нову фазу свого існування - став напіввідкритою водоймою. Зв'язок з морем у цей час відбувався через цю протоку і завдяки її ширині та глибині водообмін лиману був достатнім. Головним безпосереднім гідрологічним фактором після штучного порушення пересипу стає

море. Інші фактори (річковий стік, поверхневий стік, випаровування і згінно-нагінні вітри) відіграють другорядну роль.

Регулярне надходження морської води через протоку, ширина якої подекуди сягала 400 м, і виникнення другої протоки (так зване «Степанівське гирло») значно активізували хід гідрологічних процесів. У лимані з'явилися чітко виражені колоподібні течії, які захопили в кругообіг усю масу води.

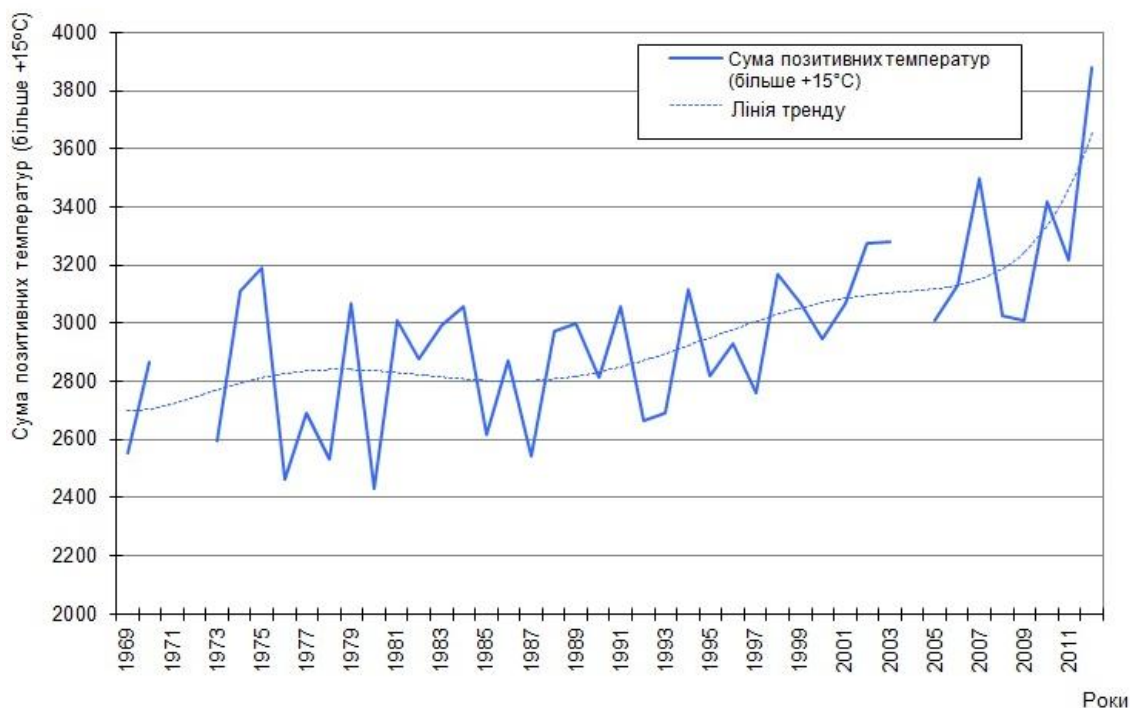


Рис. 2. Багаторічна динаміка річної суми додатних температур (більше +15°C)

Починаючи з 1965 року гідрологічна і гідрохімічна ситуація в лимані погіршується, оскільки в цей час відбувається поступове замулення «Степанівського гирла» і значне обміління основного гирла. Однак, замість штучної розчистки старого каналу був створений проект обловно-запускної споруди зі створенням нового каналу, обладнаного шлюзами та штучне закриття вже існуючого. Під час будівництва цієї споруди упродовж 1972 року лиман був повністю ізолюваний від моря. Це призвело до значних змін як у гідрологічному, так і в гідрохімічному режимі водойми [1].

Після введення в експлуатацію нової протоки відбулася певна стабілізація гідрологічного та гідробіологічного режимів, але місце і спрямованість нового гирла були обрані невдало. У зв'язку з цим від моменту створення і до цього часу він регулярно та інтенсивно заноситься піщано-черепашковими відкладами та цілком залежить від інтенсивності гідромеліоративних заходів.

Таким чином, з 1972 року лиман переходить у інший стан, для якого характерна нестабільність гідрологічного і гідрохімічного режимів. Починаючи з 2003 року періодичність днопоглиблювальних робіт були призупинені внаслідок технічних, юридичних та економічних проблем. Упродовж наступних кількох років гідроекосистема лиману суттєво змінилася. Штучно створене гирло замулилося, а епізодичні роботи з розчищення весною та восени не давали позитивного результату (див. рис. 2). Як наслідок, відбулося істотне обміління лиману, яке супроводжується зменшенням площі та інтенсивним зростанням солоності води.

Динаміка гідрологічних показників Молочного лиману. Вищевказані природні та антропогенні фактори призвели до динаміки багатьох гідрологічних показників в лимані. Найбільш суттєві зміни відбулися з площею акваторії, глибиною і солоністю води.

У період стійкого гідрологічного зв'язку лиману з Азовським морем і до 2005 року включно площа акваторії була стабільною - з незначними сезонними коливаннями залежно від сили і спрямованості переважаючих вітрів, але загалом її величина знаходилась у межах 22000 га (рис. 3).



Рис. 2. Канал, який сполучає Молочний лиман з Азовським морем (2013 р)
(фото О. Шияна)

Аналіз супутникових знімків за 2003-2013 рр. показав, що у цей період площа водного тіла лиману істотно скорочується (табл. 1, рис. 3, 4). Причинами цього є відсутність постійного зв'язку з морем і недостатній об'єм річкового стоку та опадів. При цьому за останній, 2013 рік, інтенсивність скорочення водного тіла суттєво зросла з-за коритоподібного профілю дна лиману - фактично плоского дна з поступовим зменшенням глибини від центра до берегів і відносно різкими змінами глибин у прибережній зоні. Тенденції зменшення площі водного дзеркала лиману зберігалися до середини 2014 року, коли почали інтенсивно розкопувати гирло, встановили штучний бар'єр на шляху переносу вздовжберегових наносів і прокопали ще одну промоїну ближче до с.Степанівка-Перша. Внаслідок цього лиман почав наповнюватися водою. Узагальнення цих даних відбувається на момент написання даної статті і цьому виду динаміки буде присвячена окрема робота.

Об'єм води Молочного лиману має велике значення для розрахунку його водного і сольового балансу як гідрологічного об'єкту. Показники об'єму води в лимані за останнє десятиліття розраховано з використанням модуля 3DAnalyst.

Основні результати представлені у таблиці 1 та на рисунку 3. Аналіз змін об'єму води в лимані за останні роки показав, що за відсутності зв'язку з Азовським морем лиман втратив понад 282 млн. м³, тобто близько $\frac{3}{4}$ від повного об'єму.

Таблиця 1. Динаміка основних гідрологічних характеристик Молочного лиману у 2003-2013 рр.

Характеристика	Роки				
	2003	2005	2009	2012	2013
Площа акваторії, тис. га	21,269	21,945	16,442	16,723	14,229
Площа акумулятивних утворень та осушених ділянок дна, тис. га	2,859	2,183	7,686	7,405	9,899
Максимальна глибина лиману, м	2,8	2,8	1,78	1,8	1,22
Об'єм води, млн. м ³	369,62	370	180,46	180,92	86,75
Середня солоність води, г/л	30,0	23,4	51,0	54,0	82,5

Закономірно, що з пониженням рівня води в лимані збільшується площа акумулятивних утворень - Олександрівської коси з її прибережним південним і північним краями; півострова Кубек, який відокремлює акваторію власне Молочного лиману від Олександрівської затоки; острова Підкова; острова Довгий; ряда дрібних кіс та острівців (див. рис. 1). Поступовий характер переходу від акумулятивних утворень безпосередньо до дна лиману ускладнює аналіз динаміки їх площ. Тому ми розглядаємо ці дві категорії у сукупності - як сухі ділянки дна лиману.

Найбільші площі осушених територій сконцентровані уздовж лівого берега, а також у верхів'ях і в пониззі лиману (рис. 2, 5, 6), зокрема між сс. Гірсівка та Мордвинівка (1100-1300 м від краю до максимального урізу води), уздовж пересипу (800-2100 м), в районі Олександрівської затоки та озера Молочного. Це пов'язано з більш високим гіпсометричним положенням дна. При цьому дно Молочного озера в окремі роки буває частково заповнене водою. Правий берег лиману характеризується меншими площами висохлих територій і більш рівномірною їх шириною.

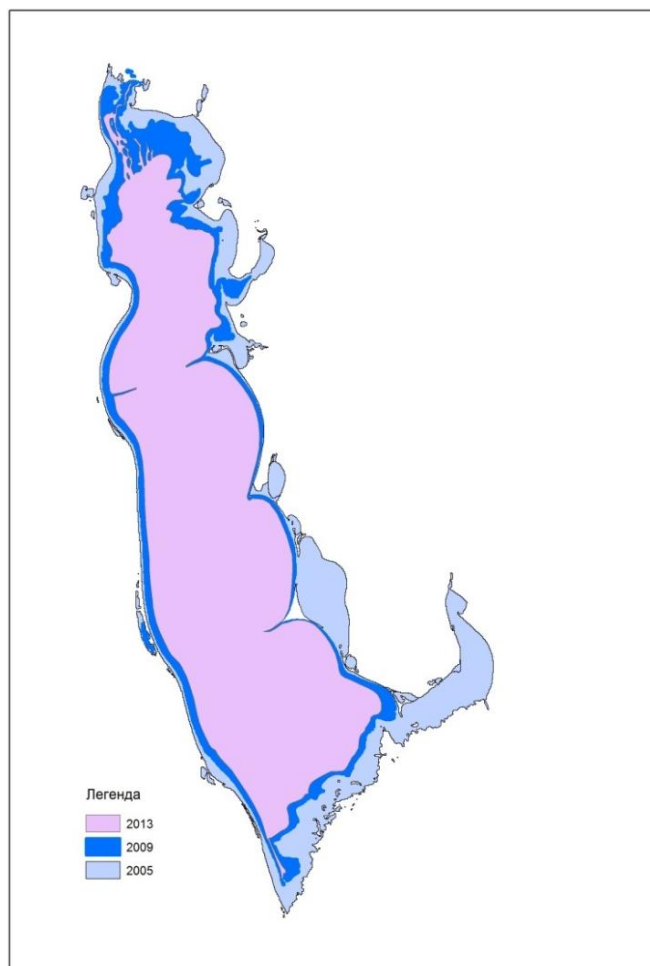


Рис. 3. Динаміка площі акваторії Молочного лиману у 2005-2013 рр.

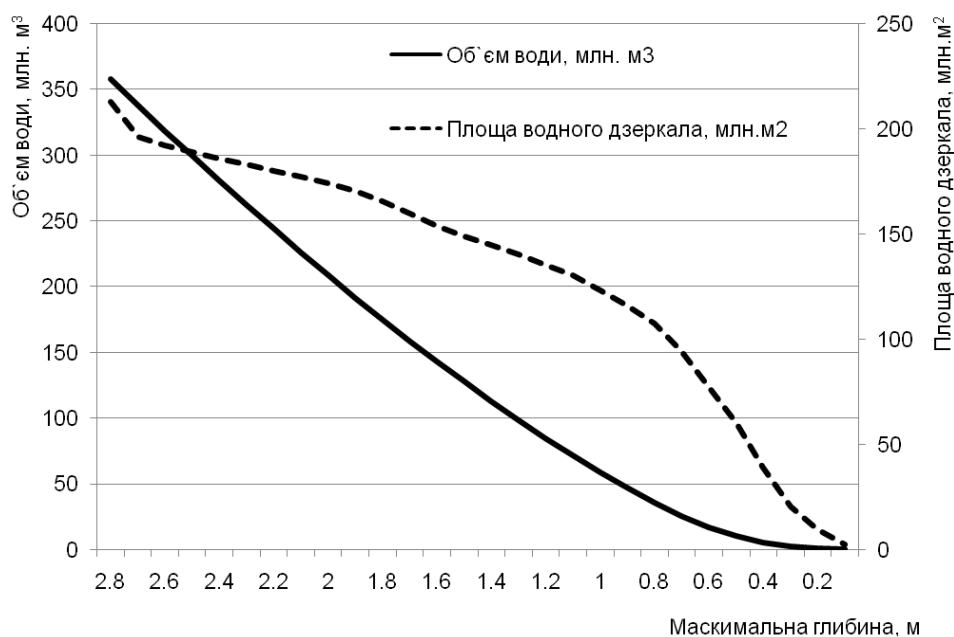


Рис. 4. Залежність об'єму води і площі водного дзеркала від глибини Молочного лиману



Рис. 5. Вид на верхів'я Молочного лиману з мотодельтаплану (серпень 2013 р.).
Фото О.Шияна.



Рис. 6. Правий берег Молочного лиману (травень 2013 р.) під час польового дослідження.
Фото В. Демченка.

Як вже було відмічено вище, основними факторами зміни режиму солоності води у Молочному лимані виступають надходження з Азовського моря менш солоної води і прісноводний стік річок Молочної і Ташенак. Течії і хвилі спричиняють переміщення різних за солоністю вод і певним чином згладжують характеристики мінералізації води усієї водойми. За умови максимально інтенсивної роботи протоки і р. Молочної показники солоності води в Молочному лимані суттєво зменшуються. Особливо чітко цей процес прослідковується у період функціонування промोїни упродовж 1943-2002 рр. (рис. 7).

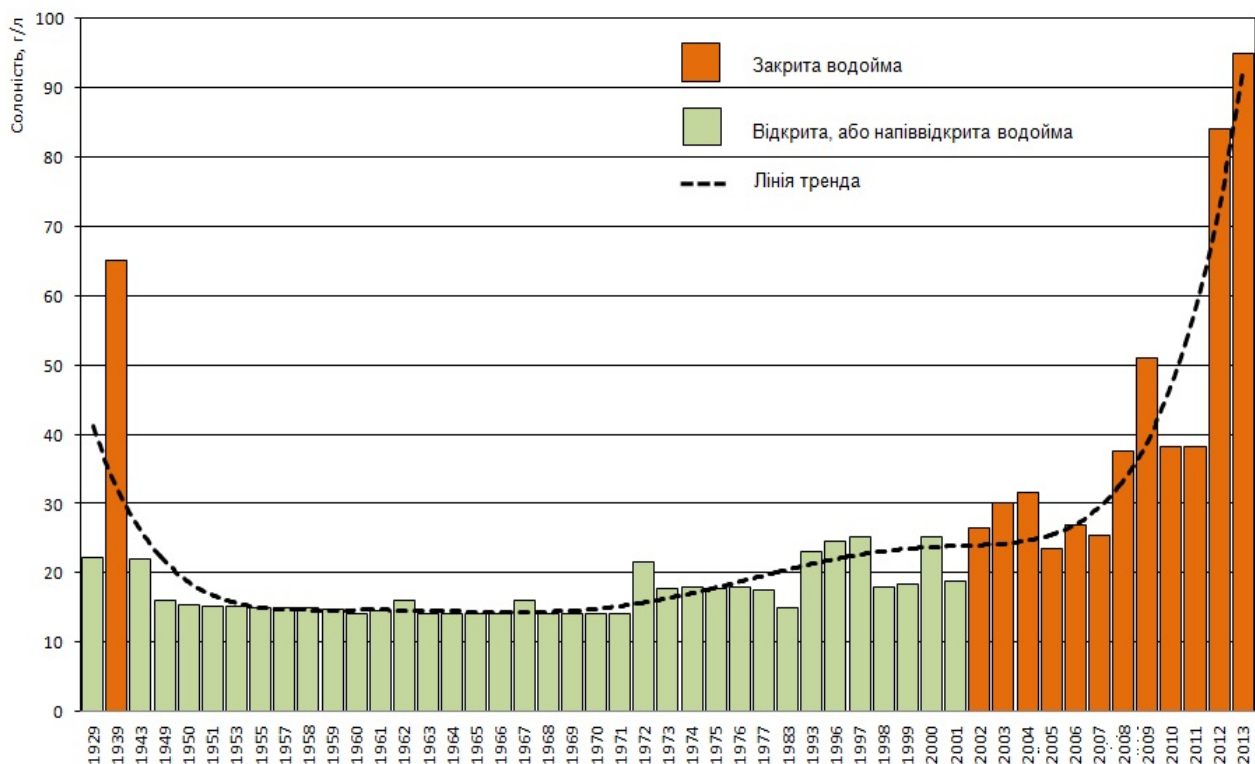


Рис. 7. Багаторічна динаміка солоності води Молочного лиману

В останні роки у зв'язку з різким погіршенням водообміну лиману з Азовським морем та малою його глибиною суттєвої стратифікації між різноманітними частинами акваторії лиману не спостерігалось. Тільки у верхів'ях водойми внаслідок впливу стоку Молочної зафіксоване незначне (2-5 г/дм³) зниження солоності. Загалом для закритої акваторії лиману характерним є значне зростання солоності води, у деяких ділянках акваторії - до 104 г/дм³. Останніми роками середня солоність води в лимані коливається в межах 35-95 г/дм³.

Підсумовуючи питання динаміки гідрологічних процесів у Молочному лимані необхідно відзначити, що для лиману характерні два гідрологічні стани. Перший характеризується сполученням лиману з морем через гирло (канал), результатом чого була його повноводність, оптимальна (20-25 г/дм³) солоність води, високі показники біологічного різноманіття, висока продуктивність. Такі показники були властиві лиману до 2002 року. Другий стан характеризується ізоляцією лиману від моря, внаслідок чого різко підвищується солоність води до 70-90 г/дм³, падає рівень води, знижуються показники біологічного різноманіття, втрачається рекреаційна привабливість акваторії та проявляються інші негативні наслідки. Такий стан спостерігається з 2002 року до середини 2014 року.

Висновки. Відсутність сполучення лиману з Азовським морем призвело до значних гідрологічних взаємопов'язаних змін. Перш за все - зниження глибини в лимані і, відповідно, різке зменшення площі акваторії. По-друге, катастрофічне підвищення солоності води в лимані до 95-105 г/дм³, несумісне з порогом життєздатності більшості гідробіонтів. По-третє, погіршення рекреаційної привабливості акваторії та неможливість виконання інших соціальних функцій.

Дані дистанційного зондування є ефективним інструментом для гідроекологічної оцінки водойми на предмет динаміки площ акваторії та прилеглої суші. За даними дистанційного зондування площа акваторії Молочного лиману

скоротилась у період з 2005 по 2014 рік з 21,945 тис. га до 14,229 тис. га, що призвело до скорочення води в лимані у понад чотири рази.

Відновлення екосистеми молочного лиману можливе шляхом нормалізації його гідрологічного режиму в умовах позитивного водного балансу. В сучасних умовах необхідно забезпечити щорічне надходження в лиман близько 70-100 млн. м³ води, що призведе до нормалізації його функціонування як гідрологічного об'єкту, який має статус гідрологічного заказника загальнодержавного значення.

З другої половини 2014 року з боку громадськості та управлінських структур здійснюються спроби з розчистки гирла лиману та наповнення його морською водою. У зв'язку з цим на перспективу доцільним буде аналіз процесу розчищення гирла, гідрологічних змін та особливостей водного потоку у гирлі, а також динаміки гідрологічних показників водного тіла Молочного лиману у зв'язку з його сполученням з Азовським морем.

Список літератури

1. Алексеев Н.А. Гидрохимические особенности соленых озер Северо-Западного Приазовья // Проблемы региональной лимнологии: сб. статей / Н.А. Алексеев. - Иркутск, 1979. - С. 111-112. 2. Воровка В.П. Географічний аналіз чинників сучасного екостану Молочного лиману / В.П. Воровка, В.О. Демченко // Український географічний журнал. - 2010. - №3. - С. 43-47. 3. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1: Азовское море / [Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б.]. - Севастополь: НВЦ «ЕКОСИ-Гідрофізика», 2009. - 402 с. 4. Демченко В.О. Сучасний стан Молочного лиману як водно-болотного угіддя міжнародного значення / В.О. Демченко Р.М. Черничко, Й.І. Черничко, О.А. Дядічева, О.І. Кошелев, Н.А. Демченко // Заповідна справа в Україні. - 2012. - Том 18. Випуск 1-2. - С. 114-119. 5. Демченко В.О. Іхтіофауна та показники якості води Молочного лиману в зв'язку з рибогосподарським використанням водойми: автореф. дис. на здобуття наук. степеня канд. біол. наук: спец. 03.00.10 «Іхтіологія» / В.О. Демченко. - Київ, 2004. - 18 с. 6. Павлов П.И. Некоторые итоги рыбохозяйственного обследования Восточного Сиваша и Молочного лимана / П.И. Павлов // Вопросы ихтиологии. - 1961. - Т.1, Вып. 3. - С. 422-433. 7. Янковский Б.А. О рыбохозяйственном использовании Молочного лимана / Б.А. Янковский // Известия Мелитопольского отдела географического общества УССР и Запорожского обласного отделения общества охраны природы УССР: статьи / Б.А. Янковский. - Днепропетровск: Промінь, 1965. - С. 67-80.

Динаміка гідрологічних показників Молочного лиману як гідрологічного заказника загальнодержавного значення

Воровка В.П., Демченко В.О., Винокурова С.В.

На основі багаторічних даних, польових досліджень та з використанням засобів дистанційного зондування Землі проаналізована динаміка гідрологічних показників (зміни об'ємів води, площ водного дзеркала і солоності) гідрологічного заказника загальнодержавного значення «Молочний лиман»

Ключові слова: зміни клімату; акваторія; гирло; гідрологічні характеристики; гідрологічний заказник.

Динамика гидрологических показателей Молочного лимана как гидрологического заказника общегосударственного значения.

Воровка В.П., Демченко В.А., Винокурова С.В.

На основании многолетних данных, полевых исследований и с использованием средств дистанционного зондирования Земли произведен анализ динамики гидрологических показателей (изменение объемов воды, площади водного зеркала и солёности воды) гидрологического заказника общегосударственного значения «Молочный лиман»

Ключевые слова: изменения климата; акватория; гирло; гидрологические характеристики; гидрологический заказник.

The hydrological indices dynamics of Molochnyi Liman(a hydrological reserve of state-wide importance)

Vorovka V., Demchenko V., Vinokurova S.

Based on long-term observations and researches, this article presents the analysis of the hydrological indices dynamics of Molochnyi Estuary (a hydrological reserve of state-wide importance). The article also includes data obtained by remote sensing. The hydrological indices include the water volume, the area and the salinity.

Keywords: climate changes, area of water, river mouth, hydrological characteristics, hydrological reserve.

Надійшла до редколегії 23.01.2015

УДК 556.166

Кічук Н.С.

Одеський державний екологічний університет

ТРИВАЛІСТЬ СХИЛОВОГО ПРИПЛИВУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ РІДКІСНОЇ ЙМОВІРНОСТІ ПЕРЕВИЩЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Ключові слова: дощові паводки, тривалість схилового припливу, нормування характеристик максимального стоку.

Вступ. Тривалість припливу води зі схилів у руслову мережу є однією з основних характеристик паводків і водопіль. У двооператорній схемі трансформації водоутворення в русловий гідрограф тривалість схилового припливу T_0 , за інших однакових умов, визначає, насамперед, ступінь зарегулювання стоку на схилах.

Визначення основних параметрів схилового стоку - тривалості припливу, коефіцієнтів його часової нерівномірності, мають певні проблеми через відсутність експериментальних даних. Безпосередньо характеристики схилового стоку можна отримати за даними воднобалансових станцій, але вони мають дуже рідкісну мережу розташування.

Відсутність систематичних спостережень за схиловим припливом на мережі гідрологічних станцій і постів значною мірою зумовила емпіричний шлях у дослідженні максимального стоку паводків і водопіль.

Удосконалення науково-методичної бази можливе із застосуванням обернених задач відносно пошукових параметрів, у тому числі й тих, що відносяться до трансформаційного блоку «схиловий приплив - русловий стік».

Аналіз існуючої в Україні нормативної бази для розрахунку характеристик максимального стоку річок. Чинний в Україні нормативний документ з розрахунку характеристик максимального стоку дощових паводків річок СНіП 2.01.14-83 [1] ґрунтується на формулах редуційного типу і граничної інтенсивності.

Так, при площі $F > 200 \text{ км}^2$ рекомендується користуватися формулою редуційного виду

$$Q_p = q_p F = \frac{q_{200}}{(F/200)^{n_1}} \lambda_p \delta \delta_2 \delta_3, \quad (1)$$

де Q_p – розрахункова максимальна миттєва витрата води дощових паводків заданої щорічної ймовірності перевищення $P \%$, $\text{м}^3/\text{с}$; q_p – максимальний модуль паводкового стоку щорічної ймовірності перевищення $P \%$, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; F – площа

водозборів, км^2 ; q_{200} – модуль максимальної миттєвої витрати води щорічної ймовірності перевищення $P=1\%$, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, приведений до умовної площі водозбору, що дорівнює 200 км^2 ; λ_P – коефіцієнт забезпеченості; $\delta, \delta_2, \delta_3$ – редукційні коефіцієнти для врахування впливу залісеності, заболоченості та водойм проточного типу на максимальні витрати води.

Максимальні миттєві витрати води дощових паводків річок Q_P ($\text{м}^3/\text{с}$) для водозборів із площами, меншими за 200 км^2 , визначаються за формулою граничної інтенсивності:

$$Q_P = A_{1\%} \eta H_{1\%} \delta \lambda_P F, \quad (2)$$

де $A_{1\%} = 16,67 \bar{\psi}(\tau)$ – максимальний модуль стоку щорічної ймовірності перевищення $P = 1\%$, виражений у частках добутку $\eta H_{1\%}$; $H_{1\%}$ – максимальний добовий шар опадів ймовірністю перевищення $P=1\%$, мм; η – збірний коефіцієнт стоку; δ – коефіцієнт впливу на трансформацію паводків водойм проточного типу.

При всій зовнішній логічності методик визначення максимального стоку за формулами (1) і (2) у сучасній літературі вони зустрічають серйозну критику, особливо стосовно відсутності в них чіткої теоретичної бази [2,3]. У даному нормативі не прийнята єдина структура формул для визначення максимальних витрат весняного водопілля й дощових паводків. До того ж, при розрахунках дощових паводків, рекомендуються дві різні за структурою розрахункові схеми – стосовно до водозборів із площею більшою й меншою за 200 км^2 . Прийняття еталонної площі 200 км^2 аргументується умовністю екстраполяції кривих просторової редукції в області $F < 200 \text{ км}^2$, а, отже, – і помилками при оцінюванні елементарних модулів $q_{1\%}$.

Але головні недоліки СНіП 2.01.14-83 [1] стосуються не лише структурних побудов, а й того, що розрахункові параметри (максимальні модулі та добові опади) представлені відповідними картами без належного методичного обґрунтування.

Опора тільки на стокову інформацію, до того ж, не дає можливості надійно обґрунтувати розрахункові характеристики паводків на річках Півдня України, де в межах Причорноморської низовини фактично відсутня стаціонарна гідрологічна мережа не тільки на малих, але й на середніх за розмірами водозборах.

Викладене є підставою для висновку про актуальність розробки нових науково-методичних підходів до нормування характеристик максимального стоку, що дозволяють урахувати основні фактори його формування, а також спираються не тільки на стокову, а й на метеорологічну інформацію.

Методика, що пропонується у статті для визначення розрахункової тривалості схилового припливу підчас дощових паводків.

Виходячи з [1], за вихідну модель приймається залежність, яка описується рівнянням (3)

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_1}}, \quad (3)$$

де Y_m – максимальний шар стоку за паводок; k_0 – коефіцієнт схилової трансформації, який дорівнює

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}, \quad (4)$$

де $\frac{n+1}{n}$ – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу; T_0 - тривалість схилового припливу.

Для визначення тривалості схилового припливу в структурі (3) доцільно її переписати у дещо іншій редакції, а саме

$$q_m/Y_m = k_0/(F+1)^{n_1} \quad (5)$$

Після логарифмування (5) маємо

$$\lg q_m/Y_m = \lg k_0 - n_1 \lg(F+1) \quad (6)$$

За вихідними даними по q_m , Y_m та F будується залежність $\lg q_m/Y_m = f \lg(F+1)$. В ній тангенс кута нахилу є n_1 , а відрізок на осі ординат (за умови $F=0$), відповідно – k_0 . Як видно з (4), до складових k_0 відносять середньорегіональні характеристики $\frac{n+1}{n}$ і T_0 . Таким чином, для того чи іншого регіону можна визначити тривалість припливу T_0 , оскільки

$$T_0 = k_p \frac{n+1}{n} / k_0, \quad (7)$$

де k_p - коефіцієнт розмірності.

Індивідуальні величини T_0 для кожного водозбору визначаються аналогічним шляхом, тобто виходячи з (7), але при значеннях k_0 , розрахованих для окремих об'єктів за залежністю

$$T_0 = k_p \frac{n+1}{n} \cdot \frac{Y_m}{q_m} / (F+1)^{n_1} \quad (8)$$

Питання про коефіцієнти нерівномірності припливу води зі схилів у руслову мережу $(n+1)/n$ має як науковий, так і практичний інтерес. За своєю сутністю він є відношенням

$$(n+1)/n = Q'_m \cdot T_0 / (Y_m \cdot F) \quad (9)$$

де Q'_m - максимальна витрата схилового припливу.

Через відсутність спостережень за характеристиками схилового припливу Q'_m та T_0 залежність (9) не може бути використана безпосередньо.

Є.Д. Голченком [4,5] запропонована методика визначення $(n+1)/n$, спираючись на матеріали спостережень за стоком річок, зокрема, через коефіцієнти часової нерівномірності руслового стоку $(m+1)/m$, причому

$$\frac{m+1}{m} = \frac{Q_m}{\bar{Q}_{Tn}} = \frac{q_m T_n}{Y_m}, \quad (10)$$

де q_m – максимальний модуль руслового стоку; T_n – тривалість руслового стоку; $\bar{Q}_{Tn}$ – середня за паводок витрата води.

Узагальнення $(m+1)/m$ по території показує, що воно інтегрально може відображатись за допомогою площі водозбору F . У цілому $(q_m T_n)/Y_m$ характеризується поступовим зменшенням зі збільшенням розмірів водозбірних площ. Верхнє граничне значення $(m+1)/m$ при $F=0$ являє собою шуканий параметр нерівномірності схилового гідрографа $(n+1)/n$ [4, 6].

Однак, існують деякі труднощі у визначенні параметра $(n+1)/n$. Вони пов'язані з недосконалістю способів розчленовування гідрографів, внаслідок чого тривалість паводків T_n може бути як завищеною, так і заниженою. Це відбивається й на числових значеннях $(m+1)/m$, а в першу чергу – на тісноті регіональних залежностей $(m+1)/m = f(F)$.

Тому в низці робіт рекомендується обчислювати $(m+1)/m$ із використанням середніх характеристик паводків і водопіль $\bar{Y}_m, \bar{T}_n, \bar{Q}_m$, тобто

$$\frac{m+1}{m} = \frac{\bar{T}_n \bar{Q}_m}{\bar{Y}_m F} 86,4. \quad (11)$$

Для території, що розглядається, згідно з табл. 1, яка наведена у роботі [7], коефіцієнт нерівномірності $\frac{n+1}{n}$ приймається на рівні 3.5.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів часової нерівномірності припливу води зі схилів до руслової мережі $(n+1)/n$ і параметра n

Район	$(n+1)/n$	n
Лісостепова зона	5.0	0.25
Степова зона	3.50	0.40

Матеріали дослідження. До об'єктів дослідження у межах Півдня України залучені річкові водозбори з періодами спостережень більше 50 років.

Аналіз отриманих результатів. Реалізована методика стосовно дощових паводків на річках Півдня України. В результаті статистичної обробки часових рядів шарів стоку і витрат води розрахункові характеристики паводкового стоку приведені до забезпеченості $P=1\%$.

Редукційна формула, на основі якої є можливість визначити тривалість схилового припливу при забезпеченості $P=1\%$, має вигляд

$$q_{1\%} = k_0 Y_{1\%} / (F+1)^{n_1}, \quad (12)$$

де $q_{1\%}$ - максимальний модуль 1% ймовірності перевищення.

Степеневий показник n_1 в ній визначається графічним шляхом за допомогою логарифмічної залежності $q_{1\%}/Y_{1\%} = f(F+1)$, наведеної на рис.1

Очевидно, для Півдня України $n_1 = 0,63$. Отриманий степеневий показник майже збігається з наведеним у [8], де $n_1 = 0.59$.

Коефіцієнт схилової трансформації для окремих водозборів k_0 розраховується зворотнім шляхом з (12)

$$k_0 = q_{1\%} / Y_{1\%} \cdot (F+1)^{0,63}. \quad (13)$$

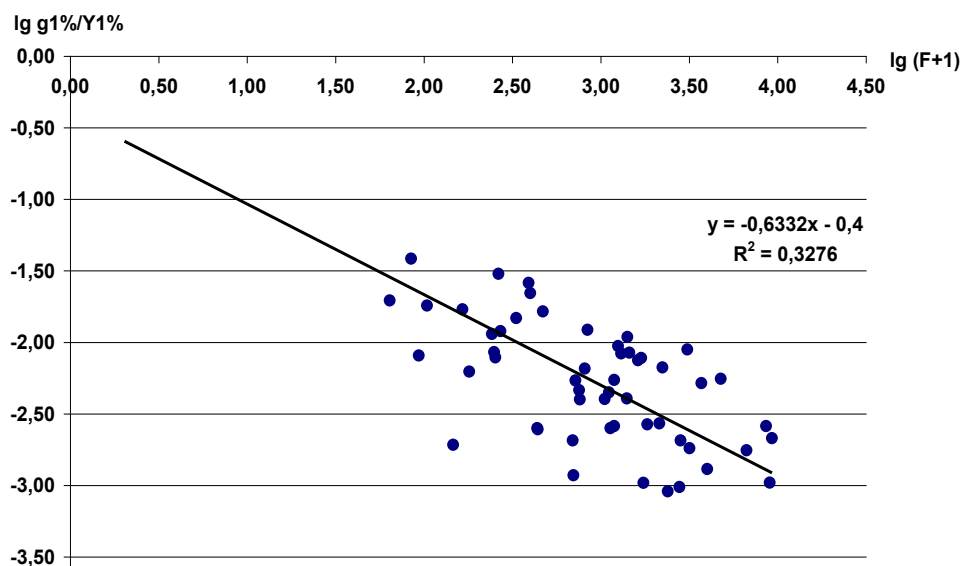


Рис.1. Залежність співвідношення $q_{1\%}/Y_{1\%}$ від площі водозборів річок Півдня України

Індивідуальні по кожному водозбору тривалості схилового припливу T_0 , згідно з (7), дорівнюють

$$T_0 = 0,28 \cdot (n+1)n / k_0, \quad (14)$$

де 0,28 коефіцієнт розмірності при: T_0 - у год.; $q_{1\%}$ - у $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, $Y_{1\%}$, - у мм; F - у км^2 ; k_0 - у 1/год..

Коефіцієнт часової нерівномірності при T_0 год, $\frac{n+1}{n}$ приймається за табл. 1 і для Півдня України дорівнює 3,5.

Розрахункові величини T_0 у межах Півдня України наводяться в табл.2.

Таблиця 2. Розрахункова тривалість схилового припливу дощових паводків на території Півдня України ($n_1=0,63$)

№ п/п	Річка- пост	$F, \text{км}^2$	$q_{1\%}, \text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$Y_{1\%}, \text{мм}$	$q_{1\%}/Y_{1\%}$	k_0	$T_0, \text{год.}$
1	Ялпуг - з.ст.Комрат	241	0,11	9,50	0,011	0,35	2,78
2	Муса - з.ст.Комрат	83,5	1,05	30,0	0,035	0,57	1,71
3	б.Тараклія – смт Тараклія	103	0,20	11,0	0,018	0,33	2,95
4	Когильник – смт Котовське	179	0,12	20,0	0,006	0,16	6,14
5	Сарата - с.Сарата	1110	0,06	13,0	0,004	0,37	2,67
6	Тилігул-с.Новоукраїнка	810	0,07	11,0	0,007	0,45	2,17
7	Тилігул- м. Березівка	3170	0,01	5,30	0,002	0,29	3,35
8	Південний Буг-с.Лелітка	4000	0,04	33,0	0,001	0,22	4,46
9	Південний Буг-с.Сабарів	9010	0,03	32,0	0,001	0,32	3,06
10	Бужок-смт Меджибож	698	0,05	39,0	0,001	0,07	13,7
11	Іква-смт Стара Синява	439	0,08	33,0	0,002	0,11	8,69
12	Згар-смт Літин	692	0,06	33,0	0,002	0,11	9,06
13	Рів-с.Демидівка	1130	0,07	27,0	0,003	0,21	4,73
14	Соб-с.Зозів	92,5	0,10	14,0	0,007	0,12	7,89
15	Савранка-с.Осички	1740	0,01	14,0	0,001	0,11	9,07

№ п/п	Річка- пост	$F, \text{ км}^2$	$q_{1\%},$ $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$Y_{1\%},$ мм	$q_{1\%}/Y_{1\%}$	K_0	$T_0,$ год.
16	Синиця-с.Кам'яний Брід	753	0,03	7,20	0,005	0,29	3,31
17	Кодима-с.Обжила	145	0,03	9,80	0,075	0,04	13,1
18	Кодима-с.Катеринка	2390	0,01	6,90	0,001	0,11	8,59
19	Гнилий Тікич-с.мт Лисянка	1450	0,07	8,30	0,008	0,82	1,20
20	Велика Вись-с.Ямпіль	2820	0,01	6,60	0,002	0,26	3,80
21	Ятрань-с.Покотилове	2140	0,02	8,80	0,003	0,34	2,89
22	Циганка-с.Краснопілля	248	0,14	17,0	0,008	0,27	3,68
23	Чорний Ташлик- с.Піщаний Брід	1830	0,02	18,0	0,001	0,12	8,26
24	Чорний Ташлик- с.Тарасівка	2230	0,08	13,0	0,006	0,80	1,22
25	Мертвовід- с. Крива Пустош	252	0,18	24,0	0,008	0,25	3,97
26	Чичиклія-с.Василівка	436	0,04	8,50	0,005	0,24	4,17
27	Гнилий Єланець- с.Женево-Криворіжжя	1190	0,04	8,50	0,005	0,45	2,16
28	Інгул-м.Кіровоград	840	0,09	8,50	0,011	0,74	1,32
29	Інгул-с.Інгуло-Кам'янка	3080	0,05	6,30	0,009	1,35	0,73
30	Інгул-с.Седнівка	4770	0,03	6,50	0,005	1,05	0,93
31	Інгул-с.Новогорожене	6670	0,01	8,40	0,002	0,44	2,23
32	Громоклія-с.Михайлівка	1410	0,03	3,30	0,009	0,93	1,05
33	Базавлук-с.Катерино- Наталівка	1050	0,05	12,0	0,004	0,31	3,21
34	Інгулець-с.Олександро- Степанівка	1400	0,05	12,0	0,004	0,39	2,52
35	Інгулець-м.Кривий Ріг	8600	0,02	7,10	0,003	0,77	1,27
36	Інгулець-с.Михайлівка	8600	0,02	6,50	0,002	0,68	1,43
37	Молочна-м.Токмак	9280	0,01	6,90	0,001	0,09	10,2
38	Молочна-с.Терпіння	760	0,03	8,10	0,001	0,22	4,42
39	Лозуватка- с.Новоолексіївка	331	0,15	11,0	0,014	0,53	1,86
40	Обитічна-с.Шевченко	390	0,15	6,30	0,024	1,04	0,94
41	Обитічна-м.Приморськ	1300	0,06	8,40	0,008	0,70	1,39
42	Кильтиччя-с.Новотроїцьке	398	0,12	8,50	0,014	0,63	1,57
43	Берда-с.Захарівка	718	0,06	11,0	0,006	0,36	2,76
44	Берда-с.Осипенко	1620	0,06	8,90	0,007	0,75	1,30
45	Кальміус-м.Донецьк (с.мт Авдотіне)	263	0,70	25,0	0,028	0,93	1,05
46	Кальміус-с.Раздольне	1690	0,08	10,0	0,008	0,85	1,15
47	Кальміус-с.мт Сартана (с.мт Приморське)	3700	0,09	17,0	0,005	0,89	1,10
48	Кальчик-с.Кремнівка	469	0,28	14,0	0,020	0,98	1,00
49	Кальчик-м.Маріуполь	1250	0,11	12,3	0,009	0,83	1,19
50	балка Полкова- с.Кременівка	63,0	0,56	30,0	0,019	0,26	3,83
51	Малий Кальчик- с.Кременівка	270	0,50	48,0	0,010	0,36	2,76
52	Калець-х.Перемога	164	0,07	3,90	0,017	0,41	2,37
53	Глузький Єланчик- с.Гусельщикове	1190	0,01	3,60	0,003	0,22	4,40

Змінюються значення T_0 (табл. 2) від 13,7 год. (р. Бужок - смт Меджибож) до 0,73 год. (р. Інгул – с. Інгуло-Кам'янка). Середнє по регіону значення тривалості схилового припливу дорівнює 3,5 год. Саме воно рекомендується нами при здійсненні заходів по вдосконаленню розрахункової методики для встановлення характеристик максимального стоку дощових паводків на території Півдня України.

Висновки. Подальший розвиток нормативної бази в Україні по визначенню розрахункових витрат води дощових паводків і весняних водопіль рідкісної ймовірності перевищення гальмується через відсутність характеристик схилового стоку (тривалості надходження води до руслових систем і коефіцієнтів нерівномірності припливу у часі).

В умовах Півдня України, де майже відсутня залісеність і заболоченість водозборів, можливе встановлення індивідуальних параметрів схилового припливу в структурі одного з варіантів редуційної формули (з використанням даних по максимальних витратах води і шарах паводкового стоку річок).

На матеріалах існуючої мережі гідрологічних станцій і постів в басейнах річок Півдня України обґрунтоване розрахункове значення тривалості припливу для дощових паводків забезпеченості $P = 1\%$ на рівні 3,5.

Враховуючи попередні дослідження для цього регіону [2, 3, 8, 9, 10], величину тривалості схилового припливу для дощових паводків забезпеченості $P = 1\%$ на Півдні Україні рекомендується приймати такою, що дорівнює 3,5 години.

Список літератури

1. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с. 2. Гопченко Е.Д. Некоторые проблемные вопросы расчета паводочного стока ДАН СССР, №4, 1989, с.955-957. 3. Гопченко Е.Д. Теоретические аспекты формул предельной интенсивности / Е.Д. Гопченко, М.Е. Романчук, О.К. Романчук // Метеорология, климатология и гидрология, 2005, вып.49, с.414-423. 4. Гопченко Е.Д. Графоаналитический метод определения параметров гидрографов склонового стока (по материалам полевого обследования ГВВ) / Е.Д. Гопченко, Ю.А. Гнездилов // Труды УкрНИГМИ. – 1974. – Вып.127. – С.54-61. 5. Гопченко Е.Д. Анализ структуры объемных формул / Е.Д. Гопченко // Метеорология, климатология и гидрология. - 1976. - Вып. 12 - С. 84-90. 6. Андриевская Г.М. О форме графиков притока воды со склонов в русловую сеть / Г.М. Андриевская, Е.Д.Гопченко, В.А.Овчарук // Метеорология, климатология и гидрология, 1996, вып. 33, С.106 – 110. 7. Швобс Г.І. Каталог річок та водойм України. Навчально-довідковий посібник./ Г.І. Швобс, М.І.Єгошин. – Астропринт, Одеса. 2003. – 389 с. 8. Гопченко Е.Д. Проблеми визначення розрахункової тривалості припливу води зі схилів до руслової мережі / Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Н.С. Кічук - Наук. праці УкрНДГМІ- 2012.- Вип. 263. – С. 85– 88. 9. Вишневецький П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні // П.Ф.Вишневецький. – Київ: Наукова думка, 1964. – 230 с. 10. Гопченко Е.Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности // Е.Д. Гопченко, М.Е. Романчук – Киев, КНТ, 2005. –148 с.

Тривалість схилового припливу дощових паводків рідкісної ймовірності перевищення на території Півдня України

Кічук Н.С.

Розглянуті питання, пов'язані з визначенням тривалості схилового припливу дощових паводків на території Півдня України.

Ключові слова: дощові паводки, тривалість схилового припливу, нормування характеристик максимального стоку.

Продолжительность склонового притока дождевых паводков редкостной вероятности превышения на территории Юга Украины

Кічук Н.С.

Рассмотрены вопросы, связанные с определением продолжительности склонового притока дождевых паводков на территории Юга Украины.

Ключевые слова: *дождевые паводки, длительность склонового притока, нормирование характеристик максимального стока.*

Duration of slope inflow of rain floods of rare probability of excess in the territory of the South of Ukraine

Kichuk N.S.

The questions connected with determination of duration of slope inflow of rain floods in the territory of the South of Ukraine are considered.

Keywords: *rain floods, duration of slope inflow, rationing of characteristics of the maximum drain.*

Надійшла до редколегії 02.02.2015

УДК 556.166

Чорноморець Ю.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ДЕТАЛІЗАЦІЯ ТИПІВ ГІДРОГРАФІВ ВЕСНЯНОГО СТОКУ З МЕТОЮ ЇХ ПРОГНОЗУВАННЯ НА РІЧКАХ ДЕСНА ТА ПРИП'ЯТЬ

Ключові слова: *весняне водопілля, об'єми води, розподіл стоку, типізація гідрографів, прогноз*

Стан проблеми. Річка Дніпро на своєму шляху перетинає декілька фізико-географічних зон, тому формування її річного стоку визначається досить широким комплексом геофізичних та антропогенних чинників. Після побудови каскаду дніпровських водосховищ режим Дніпра значно змінився, що обумовлює необхідність вдосконалення існуючих підходів до довгострокового прогнозування його стоку.

Відповідно до внутрішньорічного розподілу стоку найбільш багатоводною фазою гідрологічного режиму Дніпра є весняне водопілля. Прогноз водності цього періоду кожного року викликає особливу зацікавленість державних установ, громадськості тощо. Тому визначення якомога детальнішого розподілу припливу води до Київського та Канівського водосховищ, зокрема за пентадами, протягом весняного сезону є досить важливим завданням на сьогоднішній день, що і визначає актуальність цієї роботи.

Приплив води до Київського водосховища визначається окрім власне Дніпра, водністю річки Прип'ять, а приплив до Канівського водосховища – водністю річки Десна. Водопілля на цих річках значно відрізняються за термінами, об'ємами та особливостями проходження.

Басейн Прип'яті має широтне простягання, невисокі абсолютні відмітки, суттєве заболочення і тому водопілля там проходить досить синхронно по основних притоках, іноді його гідрограф має двомодальну форму. У свою чергу басейн Десни має більш меридіональний напрям з північного сходу на південний захід, менш заболочений і загальне падіння його перевищує відповідне значення для Прип'яті майже вдвічі. Такі особливості визначають досить пізнє водопілля, що формується довше і максимальна витрата води його проходить фактично останньою серед річок України. Шар стоку весняного водопілля в середньому за багаторічний період в басейні Десни на 10 мм перевищує відповідний показник в басейні Прип'яті. Основні характеристики весняного водопілля відповідних басейнів співвідносяться між собою наступним чином: дата проходження максимуму на Десні запізнюється, в середньому за багаторічний період, на два тижні, середня багаторічна максимальна витрата води досить близька за

абсолютним значенням, але при цьому абсолютний максимум, зафіксований за весь період спостережень на Десні біля Чернігова на 2500 м³/с вищий, ніж на Прип'яті біля Мозиря. Відповідно, і схеми водопіль відрізняються між собою.

Метою роботи є типізація ординат гідрографів весняного стоку за пентадами із запропонуванням найбільш прийнятної схеми припливу води до Київського та Канівського водосховищ від Прип'яті та Десни протягом весняного сезону.

Вихідні передумови. Гідрографом водопілля називається його хід в часі, що характеризується зміною витрат води у замикальному створі та обумовлюється складним комплексом геофізичних процесів, що відбуваються у межах даного річкового водозбору [4]. Головними серед таких процесів являються хід сніготанення, поглинання і віддавання вологи ґрунтами, а також безпосередньо стікання по поверхні басейну та в межах зони активного водообміну.

Відомо, що чим більшими є розміри річкового басейну, тим більш тривалим буде водопілля і тим меншою мірою на його перебіг впливатимуть місцеві фактори, а також неоднорідності, пов'язані з добовим ходом температури повітря та мінливістю інших метеорологічних показників. Саме тому на великих рівнинних річках, якими власне і є Десна та Прип'ять, досить рідко спостерігається порушення типової одномодальної форми гідрографу водопілля.

Відповідно до цього, головним чинником, що визначає форму гідрографу весняного водопілля, є неоднорідність формування стоку в часі та по території басейну. Саме тому, з теоретичної точки зору, форма гідрографу ніколи не може повторюватися повною мірою. Тут можна говорити лише про самоподібність коливань водності періоду весняного водопілля, коли повторюються виключно структури, а форма коливань кожного року являється унікальною. Дана робота покликана типізувати такі загальні структури, залежно від основних характеристик водопілля, до яких відносяться його початок та загальний об'єм стоку.

Довгостроковий прогноз об'єму весняного водопілля Десни та Прип'яті здійснюється за методиками, розробленими Л.Т.Пашовою та Є. І.Кочелабою (УкрНДГМІ)[1-3]. Саме отриманий за розрахунками по даних методиках об'єм і буде розподілятися відповідно до обраної за результатами запропонованої типізації, схеми весняного стоку.

Для таких великих річок як Прип'ять та Десна гідрографи подаються переважно за декади або пентади. Осереднення за пентадами, з одного боку, достатньо деталізує гідрограф водопілля, а з іншого – дозволяє знівелювати певні неоднорідності окремих років. Тому можна відмітити, що таке осереднення забезпечує необхідну і достатню для водогосподарського використання деталізацію гідрографу весняного стоку.

Результати та їх обговорення. Регулярні гідрологічні спостереження на Прип'яті біля Мозиря розпочалися 1881 р., а на Десні біля Чернігова 1884 р. За цей період доступні відомості про середні місячні і річні втрати води весняного водопілля. Оскільки для визначення форми гідрографу нами осереднювалися щоденні витрати води, вони наявні з 1936 року за даними поста Мозир на Прип'яті та з 1895 року на Десні – м. Чернігів. Саме ці гідрографи й приймалися для типізації.

Відомості про весняні водопілля останніх років систематизовано автором у період проходження стажування в Гідрометцентрі України, тому висловлюємо окрему подяку його співробітникам як за сприяння у написанні даної роботи, так і за проведення апробації її результатів на прикладі водопіль 2013 і 2014 років відповідно до оперативних даних.

Відносно вихідної гідрологічної інформації відразу варто зауважити, що проведено її перевірку на однорідність за параметричними критеріями Стюдента і Фішера, а також за непараметричним критерієм Вількоксона. Відзначається її порушення як в рядах об'ємів весняного сезону та періоду водопілля за винятком критерію Фішера у розподілі об'єму стоку весняного сезону р. Прип'ять – м. Мозир. Отриманий результат свідчить, на нашу думку, про наявність локальних проявів глобальних кліматичних змін у межах басейнів розглянутих річок. У зв'язку з цим у табл. 3 та 4 нижче додатково наводиться типізація гідрографів, виключно для сучасного періоду (відповідно до рекомендацій ВМО), тобто 1991-2012 р. Головним її недоліком є значна обмеженість амплітуди коливань, тому таку типізацію можна використовувати переважно як допоміжну.

У практиці гідрологічних розрахунків використовується загальноприйнятий термін «весняне водопілля», межі якого встановлюються для кожного окремого гідрологічного року. Остаточні терміни водопілля визначаються переважно за комплексними графіками відповідних гідрологічних постів і тому у період випуску довгострокових прогнозів строго визначитися з початком водопілля іноді буває досить складно, особливо коли воно проходить на фоні сніго-дощового паводку. Тому в даній роботі пропонується для чіткого прив'язування гідрографу до лінії часу, а також для зручності використання перейти від весняного водопілля до стоку води за весняний сезон. Відмінність між ним полягає в тому, що стік води за весняний сезон обмежений трьома весняними місяцями: березень-травень.

Рівняння переходу від об'ємів стоку весняного водопілля, за даними «Багаторічних відомостей про режим та ресурси поверхневих вод суші», до об'ємів стоку за весняний сезон наведено на рис. 1 та рис. 2. Як бачимо, зв'язок між стоком весняного водопілля та стоком за весняний сезон у обох випадках достатньо тісний, що виправдовує запропонований нами підхід.

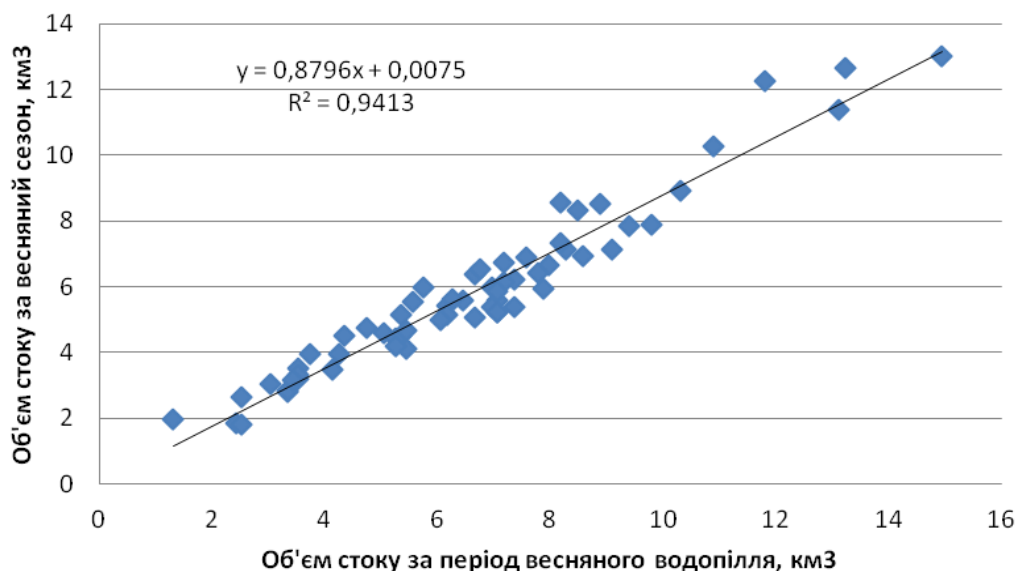


Рис. 1. Залежність між об'ємом стоку весняного водопілля та об'ємом стоку за весняний сезон р. Прип'ять - Мозир для періоду 1936-2002 рр.

У басейні річок Прип'ять та Десна об'єм стоку за період весняного водопілля, у більшості випадків, перевищує об'єм стоку за весняний сезон в основному за рахунок вищої тривалості відповідного періоду.

Визначальною характеристикою для вибору схеми весняного стоку являється відсоток першої пентади березня від загального стоку за весняний сезон. Ця величина, на нашу думку, достатньою мірою оцінює початок водопілля. Тобто, чим більш раннім є водопілля, тим більша частина його проходить на початку березня і тим вищим буде зазначений відсоток. Графіки зв'язку між датою початку водопілля та відсотком першої пентади наводилися у попередніх роботах [5]. Окремою перевагою введення такої характеристики є те, що вона безрозмірна і досить об'єктивно дозволяє співставляти різні за водністю роки.

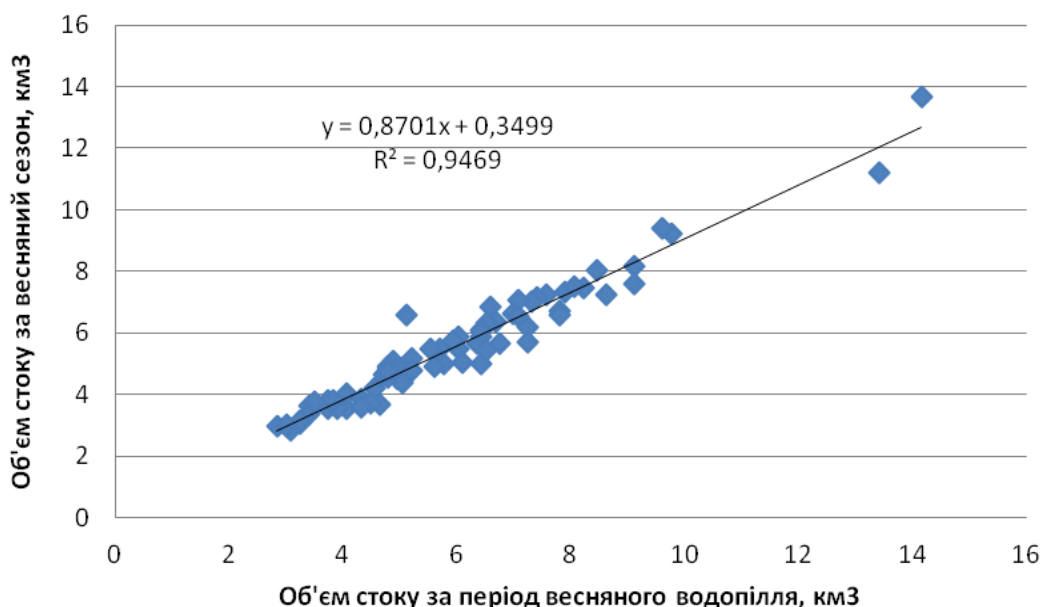


Рис. 2. Залежність між об'ємом стоку весняного водопілля та об'ємом стоку за весняний сезон р. Десна - Чернігів для періоду 1936-2010 рр.

Таким чином, за основу виділення типу розподілу стоку весняного стоку приймається відсоток першої пентади березня від загального об'єму стоку за весняний сезон (табл. 1).

Таблиця 1. Типізація гідрографів весняного стоку річок Прип'яті та Десна

Прип'ять - Мозир		Десна – Чернігів	
Тип весняного стоку	% стоку у першу пентаду березня по відношенню до загального стоку за весняний сезон	Тип весняного стоку	% стоку у першу пентаду березня по відношенню до загального стоку за весняний сезон
I	>7	I	> 5
II	6-7	II	4-5
III	5 -6	III	3-4
IV	4-5	IV	2-3
V	3-4	V	1-2
VI	2-3	VI	<1
VII	1-2		
VIII	<1		

Відповідно до таблиці 1 можна зробити висновок про те, що водопілля на Прип'яті характеризуються більшою неоднорідністю, ніж на Десні, що пояснюється як загальними особливостями формування стоку, про які вже говорилося вище, так і погодними умовами окремих років, особливо кількістю рідких опадів у період сніготанення.

Виділення підтипу розподілу відбувається на основі загального об'єму стоку води за весняний сезон, який визначається через прогнозований за методиками Л.Т.Пашової та Є. І.Кочелаби об'єм стоку весняного водопілля, з рівнянь рис. 1 та рис. 2.

При цьому серед групи розподілів, визначених за відсотком першої пентади березня у загальному весняному стоці, осереднюються гідрографи, що потрапляють до наступних інтервалів об'ємів весняного стоку (табл. 2).

Таблиця 2. Виділення підтипу гідрографу весняного стоку річок Прип'яті та Десна

Прип'ять - Мозир		Десна – Чернігів	
Підтип весняного стоку	Об'єм стоку весняного сезону, км ³	Підтип весняного стоку	Об'єм стоку весняного сезону, км ³
A	>9	A	>10
B	7-9	B	8-10
C	5-7	C	6-8
D	3-5	D	4-6
E	< 3	E	< 4

Відповідно до проведених розрахунків (табл.3, 4) варто відмітити, що за середній багаторічний період об'єм стоку весняного сезону в басейнах обох річок близький до 6 км³, однак найбільший та найменший об'єм весняного стоку р. Десна – м. Чернігів дещо вищі. Тому величини, наведені у табл. 2 для р. Десна – м. Чернігів, в середньому за багаторічний період, на 1 км³ перевищують відповідні показники для р. Прип'ять м. Мозир.

Третім показником, який ми намагалися ввести для оцінювання весняного стоку, була максимальна витрата води. Однак диференціація за цим показником відповідних підтипів на класи можлива у випадку Прип'яті лише для IV типу підтипу C, VI типу підтипу D, VII типу підтипу C та D; а у випадку Десни, відповідно, V типу підтипу C та D, VI типу підтипу C та D.. Така обмеженість у використанні класу водопілля, а також те, що для довгострокового прогнозування максимальної витрати води все ж таки використовується переважно об'єм водопілля, вже закладений у нас для вибору підтипу, клас водопілля у даній типізації не виділявся.

Згідно [4] оцінка прогнозу зводиться до визначення його справджуваності шляхом співставлення похибки відповідного прогнозу σ з допустимою похибкою $\sigma_{доп.}$ через показники якості методики прогнозування у вигляді відношення середньої квадратичної похибки перевірочних прогнозів S до середнього квадратичного відхилення σ (S/σ) та ймовірності перевищення допустимої похибки (P , %) (табл.5, 6).

Таблиця 3 Типізація гідрографів весняного стоку р. Прип'ять – Мозир

Тип	Підтип	Дата початку та кінця пентади (1895-2012 рр.)																	
		01.03	06.03	11.03	16.03	21.03	26.03	01.04	06.04	11.04	16.04	21.04	26.04	01.05	06.05	11.05	16.05	21.05	26.05
I		05.03	10.03	15.03	20.03	25.03	31.03	05.04	10.04	15.04	20.04	25.04	30.04	05.05	10.05	15.05	20.05	25.05	31.05
		7,52	7,54	7,51	7,41	7,26	8,3	6,47	5,93	5,59	5,17	4,8	4,54	4,24	3,94	3,68	3,38	3,16	3,56
		6,33	6,33	6,15	5,98	5,89	6,93	5,58	5,51	5,65	5,75	5,83	5,78	5,53	5,25	4,84	4,43	4,01	4,23
		5,71	5,55	6,05	6,56	6,82	7,82	6,51	6,61	6,51	6,11	5,64	5,31	5	4,65	4,27	3,83	3,41	3,64
		5,52	6,14	6,45	6,67	6,75	8,11	6,56	6,27	5,97	5,8	5,61	5,35	5	4,64	4,21	3,78	3,43	3,74
IV	C	4,63	5,06	5,55	5,62	5,85	7,53	6,29	6,13	5,83	5,56	5,49	5,68	5,96	5,78	5,27	4,79	4,32	4,66
		4,56	5,75	7,24	7,97	7,51	8,48	6,76	6,37	6	5,56	5,14	4,75	4,42	4,13	3,93	3,8	3,66	3,97
V	B	3,68	3,82	4,43	6,1	7,58	9,68	8,32	8,03	7,28	6,42	5,65	5,03	4,65	4,37	4,01	3,68	3,45	3,82
		3,49	3,62	4,59	5,03	5,73	7,93	7,03	7,14	7,07	6,79	6,49	6,12	5,77	5,36	4,93	4,51	4,09	4,31
VI	B	2,66	2,66	2,87	3,56	5,79	10,35	9,63	9,82	8,79	7,58	6,33	5,52	4,93	4,47	4,07	3,76	3,44	3,77
		2,52	3,01	3,93	4,7	5,61	8	6,95	6,96	7,07	7,03	6,86	6,44	5,95	5,52	5,18	4,81	4,5	4,96
	D	2,39	2,45	2,55	2,9	3,73	5,91	6,04	6,78	7,52	7,84	7,97	7,78	7,21	6,68	6,21	5,66	5,06	5,32
		2,38	2,56	2,9	3,43	4,07	6,61	6,36	6,6	7,41	7,65	7,72	7,56	7,01	6,31	5,66	5,13	4,85	5,79
VII	A	1,46	1,85	2,41	3,47	4,68	6,88	8,09	9,13	9,16	9,15	9,08	8,48	6,9	5,17	4,16	3,57	3,11	3,25
		1,54	1,61	1,89	2,5	3,52	6,7	7,32	8,29	9,16	9,43	8,44	7,33	6,45	5,76	5,27	4,92	4,63	5,24
	C	1,39	1,52	1,99	2,85	3,65	6,4	6,83	7,9	8,79	8,98	8,47	7,75	6,94	6,21	5,57	5,08	4,63	5,05
		1,43	1,47	1,55	1,71	2,09	3,94	4,61	5,84	7,29	8,46	9,33	9,62	8,8	7,85	7,11	6,49	5,99	6,42
VIII	A	0,67	0,75	0,9	1,06	1,29	2,34	6,48	12,43	12,74	11,31	8,92	6,86	6,04	5,8	5,89	5,7	5,29	5,53
		0,62	0,59	0,58	0,6	0,64	0,87	1,04	1,86	4,57	11,05	18,55	17,22	12,91	8,97	6,46	5,01	4,21	4,25
	C	0,75	0,77	0,83	0,96	1,35	2,79	3,81	6,85	8,85	10,56	11,95	10,32	8,64	7,48	6,6	5,94	5,5	6,05
		Сучасний період (1991-2012 рр.)																	
II	B	6,33	6,33	6,15	5,98	5,89	6,93	5,58	5,51	5,65	5,75	5,83	5,78	5,53	5,25	4,84	4,43	4,01	4,23
		5,45	6,13	6,44	6,64	6,56	7,51	5,99	5,69	5,47	5,43	5,37	5,33	5,22	5,08	4,77	4,36	4,05	4,51
		4,59	5,09	5,65	5,66	5,71	7,05	5,95	5,91	5,82	5,71	5,59	5,51	5,54	5,47	5,36	5,18	4,86	5,35
		3,41	3,36	3,81	4,63	5,77	7,58	6,85	7,21	7,32	7,07	6,73	6,28	5,89	5,51	5,01	4,6	4,28	4,69
		2,37	3,08	4,36	5,49	6,26	8,56	7,67	7,59	7,37	6,88	6,35	5,87	5,43	5,06	4,79	4,45	4,07	4,35
		1,75	1,74	2	2,27	2,97	6,6	7,89	9,64	9,7	8,69	7,58	6,8	6,19	5,69	5,35	5	4,7	5,44

Таблиця 4 Типізація гідрографів весняного стоку р. Десна – Чернігів

Тип	Під тип	Дата початку та кінця пентади (1936-2012 рр.)																	
		01.03	06.03	11.03	16.03	21.03	26.03	01.04	06.04	11.04	16.04	21.04	26.04	01.05	06.05	11.05	16.05	21.05	26.05
		05.03	10.03	15.03	20.03	25.03	31.03	05.04	10.04	15.04	20.04	25.04	30.04	05.05	10.05	15.05	20.05	25.05	31.05
I		5,95	6,41	6,50	6,59	7,38	8,01	6,33	6,28	6,28	6,18	5,89	5,32	4,61	4,12	3,83	3,47	3,18	3,66
II	D	4,43	4,85	5,16	6,16	6,60	8,32	7,02	6,85	6,57	6,40	6,28	6,01	5,54	4,89	4,29	3,84	3,33	3,47
	E	4,50	4,93	5,75	6,38	6,69	8,57	7,35	7,18	6,91	6,53	6,01	5,43	4,75	4,32	3,96	3,61	3,40	3,74
III	D	3,32	3,63	3,86	4,30	4,71	6,24	5,68	6,08	6,25	6,48	6,92	7,26	7,41	7,16	6,52	5,51	4,40	4,27
	E	3,51	3,84	4,31	4,91	5,18	6,79	6,26	6,67	6,67	6,81	7,04	7,10	6,75	6,27	5,43	4,56	3,83	4,07
IV	C	2,69	3,03	3,57	3,95	4,43	6,40	5,92	6,17	6,58	7,17	7,50	7,43	7,17	6,80	6,25	5,54	4,74	4,66
	D	2,34	2,47	2,77	3,27	3,75	5,44	5,88	6,58	7,00	7,49	7,37	7,32	7,22	6,99	6,62	6,13	5,57	5,79
	E	2,29	2,43	2,79	3,24	3,84	5,85	5,69	6,65	7,00	7,34	7,59	7,77	7,87	7,65	6,94	5,88	4,68	4,50
V	C	1,25	1,44	1,85	2,34	3,16	5,32	6,44	7,91	9,78	10,15	8,89	8,31	7,74	6,63	5,74	4,88	4,14	4,03
	D	1,39	1,51	1,71	2,03	2,43	3,61	4,15	5,55	6,89	7,95	8,31	8,60	8,97	8,84	8,17	7,33	6,31	6,26
	E	1,41	1,43	1,63	2,15	2,89	4,81	5,36	6,87	7,81	8,34	8,64	8,86	8,78	8,20	7,36	6,15	4,87	4,44
VI	A	0,44	0,44	0,45	0,47	0,51	0,72	0,85	2,05	4,86	12,82	16,38	17,27	14,36	9,32	5,97	4,79	4,09	4,19
	B	0,53	0,54	0,57	0,81	1,64	3,87	5,40	7,47	9,89	9,46	10,94	11,00	9,95	7,77	6,65	5,23	4,21	4,05
	C	0,74	0,77	0,95	1,28	1,59	2,64	3,17	4,87	6,95	8,12	10,67	11,65	11,40	9,31	7,98	6,77	5,70	5,45
	D	0,69	0,76	0,99	1,33	1,95	3,54	4,37	5,59	7,72	8,79	8,91	9,19	9,61	9,44	8,27	6,95	5,91	6,00
	E	0,99	1,04	1,24	1,54	2,11	3,33	4,36	6,39	6,96	7,59	8,58	9,29	9,70	9,61	8,78	7,35	5,77	5,38
		Сучасний період (1991-2012 рр.)																	
III	D	3,32	3,87	4,27	4,91	5,43	7,06	6,12	6,24	6,36	6,48	6,58	6,57	6,47	6,24	5,87	5,23	4,45	4,53
III	E	3,41	3,62	4,20	4,85	5,24	6,44	5,84	6,47	6,35	6,31	6,61	6,79	6,47	6,19	5,87	5,28	4,77	5,29
IV	C	2,68	3,15	3,65	3,97	4,55	6,25	5,47	5,68	6,09	6,69	7,23	7,34	7,23	6,97	6,47	5,90	5,24	5,44
IV	D	2,45	2,55	2,65	2,77	3,25	5,06	5,75	6,68	6,98	7,16	7,1-9	7,28	7,27	7,05	6,76	6,44	6,07	6,64
V	D	1,59	1,65	1,75	1,91	2,19	3,20	3,81	5,46	6,53	7,14	7,44	7,66	7,84	8,08	8,41	8,47	8,14	8,73

Таблиця 5. Оцінка ефективності довгострокового прогнозу ординат гідрографу весняного сезону р. Прип'ять – м. Мозир

Тип весняного стоку	N, к-ть років	σ , %	$\sigma_{\text{доп}}$	S	S/σ	P
I	3	1,42	0,95	0,22	0,19	95
II	3	1,58	1,06	0,18	0,13	95
III	6	1,21	0,82	0,63	0,60	83
IV	8	1,20	0,81	0,88	0,84	64
V	5	1,18	0,79	0,75	0,66	73
VI	19	1,05	0,71	0,92	0,86	65
VII	25	18,55	12,50	26,00	1,34	45
VIII	8	18,35	12,37	56,18	4,07	48

Таблиця 6. Оцінка ефективності довгострокового прогнозу ординат гідрографу весняного сезону р. Десна – м. Чернігів

Тип весняного стоку	N, к-ть років	σ , %	$\sigma_{\text{доп}}$	S	S/σ	P
I	3	1,50	1,01	2,25	0,37	94
II	5	1,48	0,99	0,58	0,56	76
III	12	1,26	0,85	0,87	0,79	67
IV	20	1,37	0,93	1,95	1,74	62
V	38	1,05	0,71	1,58	1,46	43
VI	40	0,99	0,66	2,37	2,17	42

Висновки. Відповідно до проведених розрахунків можна зробити висновок, що прогнози для I - VI типів весняного стоку в басейні Прип'яті та I - IV типів весняного стоку в басейні Десни відповідають вимогам відносно їх точності. Решта два типи дають значну похибку, хоча кількість років, прийнятих для осереднення там досить значна. Це пов'язано з тим, що до останніх типів відносяться максимальні водопілля з пізнім початком, досить стрімким проходження і як наслідок зі значно вищими абсолютними максимальними витратами води.

У випадку проходження таких високих водопіль використання пентад виявляється не виправданим через різкі підйоми витрат за короткий проміжок часу. Наприклад, в окремі роки в басейні Десни добовий приріст витрати води досягав 2000 м³/с і більше. Тому для особливо високих водопіль варто переходити до добових значень та використовувати переважно добову криву добігання. При цьому для орієнтовного визначення загальної величини припливу до Київського та Канівського водосховищ можна використати і даний розподіл з укрупненням до декад або до місячних об'ємів стоку.

Список літератури

1. Кочелаба Е.И. Учет пространственной неравномерности притока воды в русловую сеть при прогнозе гидрографа половодья Десны у Чернигова по данным о снеготаянии / Е.И. Кочелаба //Труды УкрНИГМИ.-1973.-Вып.123.-С.3-20. 2. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработать и усовершенствовать методы прогнозов квартального, месячного и декадного притока воды в крупные водохранилища на равнинных реках» «Разработать метод долгосрочного прогноза весеннего стока рек бассейна Верхнего Днестра, формирующих приток воды в Киевское и Каневское водохранилища (заключительный)». – Часть 3 НТП 0709,1.05.01, задание 01.06. НІ–1988.-74 с. 3. Пашова Л.Т. Долгосрочный прогноз притока воды за период весеннего половодья к Киевскому водохранилищу/ Л.Т. Пашова // Труды УкрНИГМИ.-1969.-Вып.76.-С.3-16. 4. Руководство по гидрологическим прогнозам. – Вып. 1. Долгосрочные прогнозы

элементов водного режима рек и водохранилищ – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 246 с. 5. Чорноморець Ю. О. Деякі підходи щодо завчасного передбачення перебігу весняного водопілля на р. Прип'ять біля м. Мозир /Ю. О. Чорноморець, О.І. Лук'янець// Український гідрометеорологічний журнал. Одеса: вид-во ПП «ТЕС», 2013.-№13. С 138-146

Деталізація типів гідрографів весняного стоку з метою їх прогнозування на річках Десна та Прип'ять

Чорноморець Ю.О.

В роботі розроблено типізацію гідрографу весняного стоку за пентадами. Тип гідрографу визначається відповідно до відсотку стоку у першу пентаду березня по відношенню до загального об'єму стоку води за весну. Підтип визначається залежно від довгострокового прогнозу об'єму весняного водопілля. Проведено оцінку справджуваності прогнозу через співставлення його похибки з допустимою похибкою окремо для кожного типу гідрографів.

Ключові слова: весняне водопілля, об'єми води, розподіл стоку, типізація гідрографів, прогноз

Детализация типов гидрографов весеннего стока с целью их прогнозирования на реках Десна и Припять

Черноморец Ю.А.,

В работе разработана типизация гидрографов весеннего стока по пентадам. Тип гидрографа определяется соответственно с процентом стока в первую пентаду марта по отношению к общему объему стока за весну. Подтип определяется в зависимости от объема весеннего половодья. Проведена оценка оправдываемости прогноза путем сопоставления его погрешности с допустимой погрешностью отдельно для каждого типа гидрографов.

Ключевые слова: весеннее половодье, объемы воды, распределение стока, типизация гидрографов, прогноз

Detailed of snow melt runoff hydrograph types for hydrological forecasting of snow-melt runoff for Desna and Pripyat

Chornomorets Yu. O.

Typing of snow melt runoff hydrograph by 5 day period was developed. The type of hydrograph was determined according to volume of runoff in the first five day period in relation to total snow melt runoff. Subtype of hydrograph could be determined by the total volume of snow-melt runoff.

The forecast verification was conducted for every type of hydrographs.

Keywords: spring flood, water volume, distribution runoff, hydrographs typing, forecasting.

Надійшла до редколегії 17.12.2014

УДК 556.047

Рахматулліна Е.Р.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧОК БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ В ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ ТА ЇХ СУЧАСНІ ЗМІНИ

Ключові слова:гідрологічний режим, зимовий сезон, багаторічні коливання, кліматичні зміни

Постановка проблеми. Впродовж останніх десятиліть, коли глобальні проблеми клімату набули широкого обговорення, не залишились поза увагою вчених зміни гідрологічного режиму річок, зокрема річок України. Гідрологічний режим річок є дуже чутливим до кліматичних коливань, особливо у зимовий сезон, тому дослідження зазначених характеристик, а також їх змін, крім практичного інтересу з боку різних галузей господарства, які пов'язані з використанням річок, мають вагоме значення для ряду фундаментальних наук, що займаються цим питанням.

Аналіз попередніх досліджень. Ще на початку ХХ століття почали з'являтися узагальнення щодо гідрологічних процесів на річках в зимовий сезон, зокрема у працях Шостоковича В.Б., який займався вивченням зв'язку між водністю річки і термінами її замерзання [1]. Але більш детальні дослідження щодо зимового режиму річок та, відповідно, їх льодового режиму, з'явилися лише у другій половині ХХ ст. Це роботи Панова Б.П. [2], Донченка Р.В.[3], Чижова А.Н.[4].

По мірі розвитку та вдосконалення мережі спостережень, у післявоєнні роки з'являється більше інформації, а відповідно нові результати дослідження зимового режиму в працях Россинського К.І., Римши В.А., Бидіна Ф.І.[5].

В останні декілька десятиліть активно аналізується вплив глобального потепління на зміну гідрологічного режиму водних об'єктів. Зокрема, впливом клімату на зимовий та льодовий режим річок займалися Гінзбург Б.М., Солдатова І.І., Борщ С.В. та ін.[6].

Але в цілому увага до досліджень змін гідрологічного режиму в холодний період року під впливом кліматичних коливань, є порівняно низькою, зокрема в Україні. Протягом останніх кількох років даний напрямок отримав розвиток у розробках вчених Київського національного університету імені Тараса Шевченка під керівництвом доктора географічних наук В.В.Гребеня, зокрема у роботах Струтинської В.М. щодо впливу змін клімату на термічний та льодовий режим річок басейну Дніпра [7]. Останні дослідження проводились для річок басейну Південного Бугу, зокрема дослідження льодового режиму, дослідження однорідності характеристик зимового періоду [8]. Подібні дослідження проводяться вченими Українського гідрометеорологічного інституту (зокрема, слід відзначити роботи Горбачової Л.О. [9]), та вченими Одеського державного екологічного університету під керівництвом Лободи Н.С. [10].

Методика досліджень. Для дослідження використано дані за зимовий період року (холодне півріччя) по 24 гідрологічним постам та 15 метеорологічним станціям, які розташовані в межах басейну Південного Бугу (рис.1).

При дослідженні проаналізовано дані спостережень гідрологічних постів та метеорологічних станцій, зокрема такі характеристики водного режиму як: витрати та рівні води, середні та максимальні швидкості потоку, а також деякі кліматичні характеристики, такі як місячні суми опадів та середньомісячні температури повітря за зимовий період. Аналіз здійснено за період спостережень, що становить 60 років (з 1952 по 2011 рр.). Вибір початку періоду обумовлено наявністю необхідних даних спостережень.

Опубліковані результати досліджень вчених різних країн світу не дають чіткої відповіді на питання стосовно початку періоду кліматичних змін. У кращому випадку йде мова про середину - кінець 70-х років минулого століття, коли відбувся перехід аномалії (відносно періоду так званої кліматичної норми 1961–1990 рр.) глобальної температури повітря біля поверхні Землі від від'ємних до додатних значень. Більшість гідрологів також обирають ці терміни в якості відправної точки при проведенні власних досліджень. У багатьох випадках умовною межею початку періоду сучасних змін водного режиму обирається 1975 або 1980 рр.

За результатами наших попередніх досліджень [8], при оцінці однорідності характеристик середньомісячної температури повітря холодного періоду року в басейні Південного Бугу за статистичними критеріями доведено, переважно, однорідність рядів спостережень.

За гідролого-генетичним аналізом, побудувавши сумарні криві середньорічної

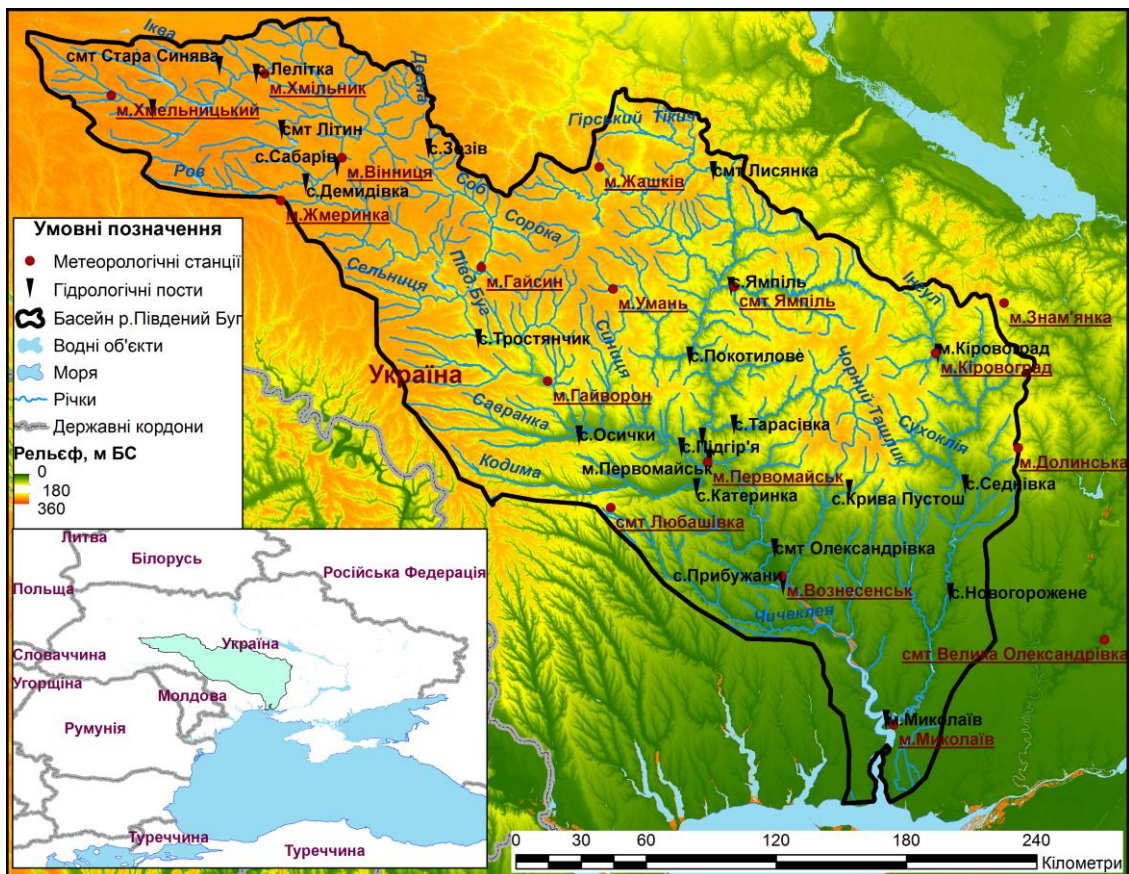


Рис. 1. Розташування метеостанцій та гідрологічних постів, обраних для дослідження, в межах басейну річки Південний Буг

температури повітря для досліджуваного басейну в цілому за рік (рис.2, а), отримали візуально однорідні ряди спостережень. Через велику мінливість значень температури повітря (від'ємних та додатних) за окремі місяці холодного періоду року, узагальнена сумарна крива не є репрезентативною. Тому ми побудували сумарні інтегральні криві відповідно по окремих часових періодах (рис.2, б-г), які відповідають певним фазам гідрологічного режиму. Відхилення від сумарної лінії на цих рисунках є більш виразними і дають можливість візуально визначити рік перелому сумарної кривої.

Але більш надійним інструментом для аналізу багаторічних коливань гідрометеорологічних елементів, на нашу думку, є різницеві інтегральні криві відхилень від середнього багаторічного значення. Зазначений метод дозволяє чітко визначити періоди зростання або зменшення певної характеристики, та встановити чіткі часові межі окремих періодів. З цієї метою та для уточнення причин неоднорідності, виявленої за допомогою сумарних інтегральних кривих, нами побудовано різницеві інтегральні криві коливань температури повітря за окремі часові інтервали для басейну Південного Бугу (рис.3). З рисунку можна чітко виділити періоди із спаданням зазначених характеристик та з їх зростанням протягом останніх двох десятиріч, окрім листопада місяця, де зростання температури починається із середини 90-х років минулого століття.

На підставі аналізу різницевих інтегральних кривих можна чітко виділити переломний рік (1989), що є початком сучасного періоду з додатними відхиленнями від кліматичної норми. Таким чином для дослідження характеристик зимового режиму річок басейну Південного Бугу, використовуватимемо два періоди: 1) з 1952 року по 1988 рік; 2) з 1989 по 2011 рік.

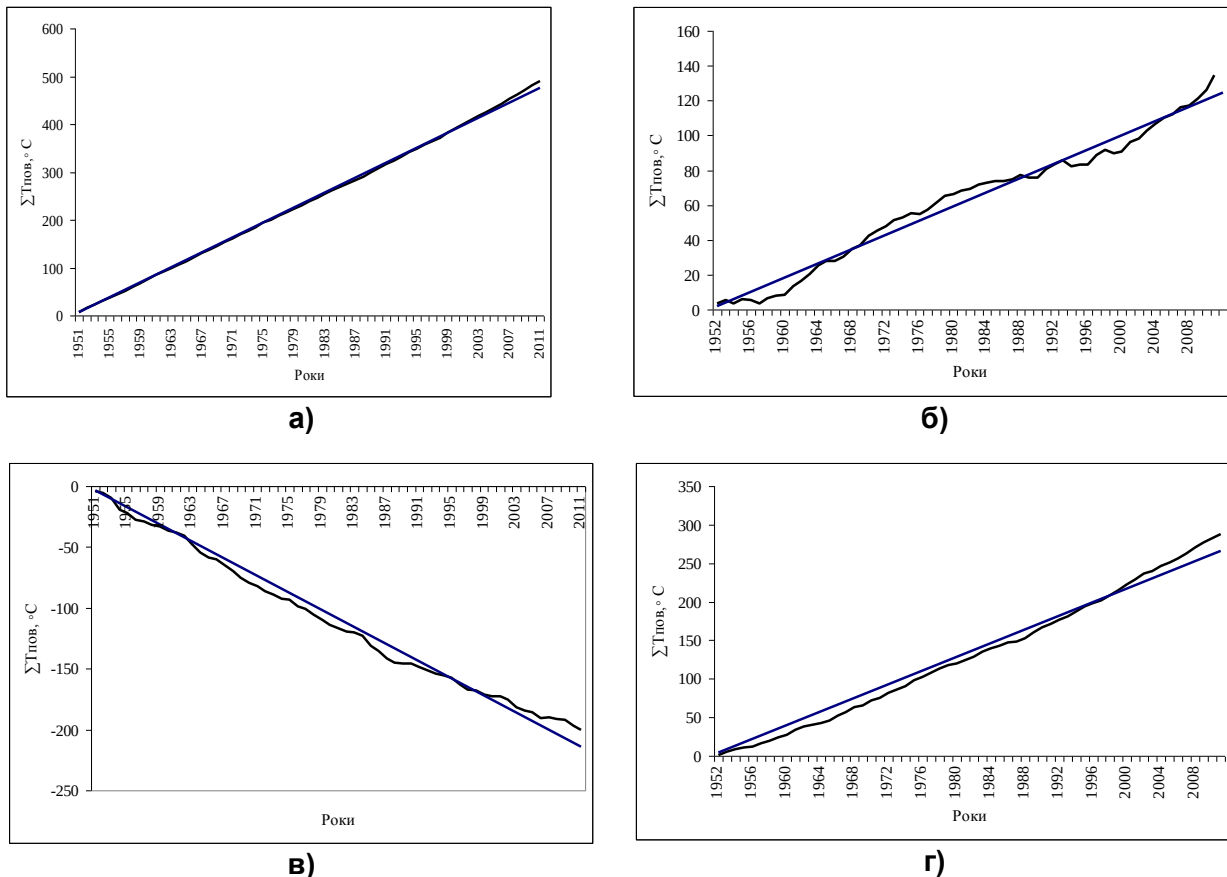


Рис. 2. Осереднені в межах басейну Південного Бугу сумарні інтегральні криві середньої температури за: а) рік; б) листопад місяць; в) грудень - лютий місяці; г) березень - квітень місяці

Річка Південний Буг є однією з великих річок країни, та єдиною, басейн якої повністю знаходиться в межах України. Протікає центральними і південними її областями через природні зони широколистяних лісів та лісостепу (верхня частина басейну) і степу (нижня частина басейну) [12]. Через значну протяжність водозбору різні частини басейну мають певні кліматичні відмінності, та, відповідно, і відмінності гідрологічного режиму річок. Згідно гідрологічного районування України [13] басейн річки Південний Буг поділяється на дві області:

- 1) верхня та середня течія до м. Первомайська (включно), з усіма притоками, входить в Правобережно-Дніпровську область достатньої водності;
- 2) нижня течія від смт Олександрівка, включно з р. Інгул, входить в Нижньобузько - Дніпровську область недостатньої водності.

Для проведення аналізу зимовий період року було поділено на три часові інтервали в залежності від гідрологічної фази, яка повністю або частково потрапляє в межі холодного півріччя: листопад місяць на річках басейну відповідає закінченню літньо-осінньої межені; період з грудня по лютий місяць – зимовій межені; березень та квітень місяці відповідають фазі весняного водопілля. Часові інтервали визначено за даними багаторічних спостережень та літературними даними.

Також ряди спостережень за рівнями та швидкостями, відповідно до часових інтервалів було поділено на чотири підгрупи, в залежності від стану русла при вимірах витрат: при вільному руслі, льодоставі, заберегах та заростанні.

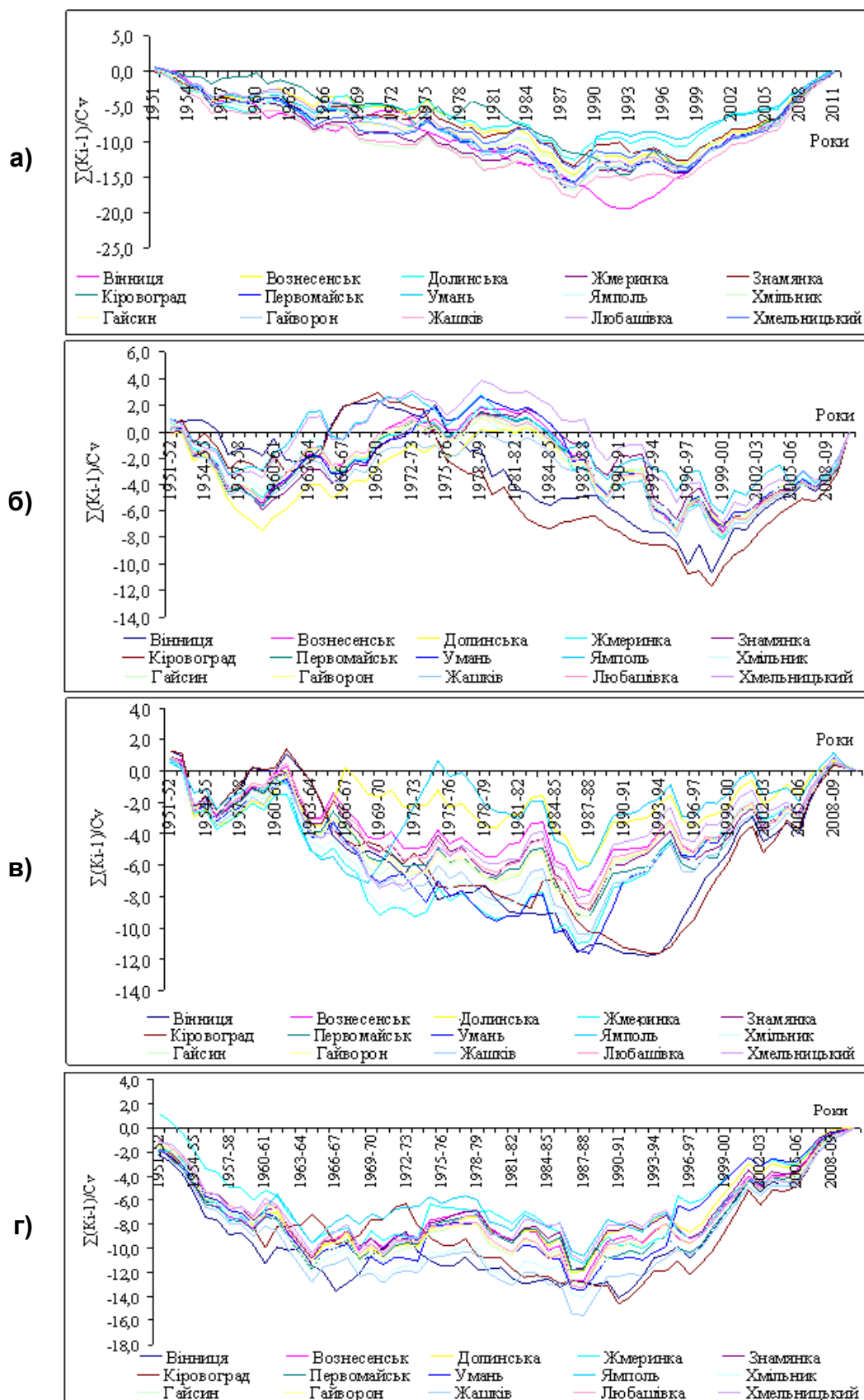


Рис.3. Осереднені в межах басейну Південного Бугу різниці інтегральні криві відхилень від середнього значення: а) середньорічної температури повітря; б) середньої температури листопада місяця; в) середньої температури грудня - лютого місяців; г) середньої температури березня - квітня місяців

Виклад основного матеріалу. За результатами аналізу для листопада місяця (табл.1), при загальному підвищенні температури повітря майже на 20 % відзначаємо збільшення опадів, а також рівнів та витрат води у другий розрахунковий період (1989-2011 рр.).

Враховуючи значну зарегульованість басейну та час добігання води, для розрахунку у табл. 1 опади було взято як сумарні за жовтень та листопад. Таким чином, прослідковується збільшення опадів як по басейну в цілому на 7,4 %, так і для його верхньої та нижньої частин окремо. За останні два десятиліття більше зростання кількості опадів характерне для нижньої (степової) частини басейну (майже на 12%), а ніж для верхньої - 5,2%.

Відповідним чином, при збільшенні опадів в басейні, збільшуються й витрати води та рівні. В середньому по басейну витрати води для листопада місяця збільшились на 23,1%. Так само як і для опадів, більші зміни характерні для нижньої частини басейну, тобто для степової зони (зростають на 37,6%).

Для рівнів води, як вже зазначалось, було проаналізовано чотири варіанти залежно від стану русла. Льодостав у листопаді місяці для річок басейну Південного Бугу не властивий, тому даних у таблиці 1 для цього варіанту не наведено. Загалом, для басейну у листопаді місяці в останні десятиліття спостерігається збільшення рівнів води, так само як і витрат. При вільному руслі рівні збільшуються на 11-12%. У листопаді забереги спостерігались лише на двох гідрологічних постах (р.Соб-с.Зосів та р.Кодима-с.Катеринка), тому не можна сказати про загальну тенденцію зміни рівнів води при зазначених явищах в руслі для всього басейну. При наявності трави в руслі, в середньому по басейну, спостерігається збільшення рівнів води на 5,5%, але воно є характерним не для всіх гідрологічних постів.

Зворотна тенденція простежується для середніх та максимальних швидкостей течії. При вільному руслі середні та максимальні швидкості течії зменшуються для всього басейну на 7,9% та 6,1%, відповідно. Зміни швидкостей при заберегах, так само як і зміни рівнів при заберегах, не характерні для всього басейну, через те що спостерігались лише на двох постах. Так само зменшуються швидкості течії і при наявності трави в руслі.

Зменшення швидкостей течії в останні два десятиліття обумовлено двома факторами: меншою зарегульованістю річок басейну у першому проаналізованому періоді, а також більшим заростанням русла у другому (заростання русла значною мірою обумовлено збільшенням температури повітря та, відповідно, температури води).

Проаналізовано тенденції змін зазначених характеристик і для періоду зимової межені (грудень-лютий) – табл. 2. Аналіз таблиці свідчить про зовсім зворотну ситуацію, порівняно з листопадом місяцем. Кількість опадів (сума опадів за грудень-лютий) зменшується майже рівномірно по території басейну, в середньому на 12-13%. Відповідно зменшуються витрати води, що більш суттєво проявляється у нижній течії (зменшення на 9%) - табл. 2.

Для рівнів спостерігається неоднозначна тенденція, в залежності від стану русла у період зимової межені. При вільному руслі спостерігається незначне зменшення рівнів води, в середньому на 3%. За наявності на річках басейну льодових утворень, навпаки, відбувається збільшення рівнів води. Для періоду із льодоставом, рівні води на річках басейну Південного Бугу зросли впродовж останніх двох десятиліть на 10-15%, для періоду заберегів – на 4-6 %.

Період із заростанням русла не враховуємо через відсутність трави у зазначений період. Наявність трави відмічається тільки на постах р. Гнілий Тікич - смт Лисянка та р. Інгул – м. Кіровоград.

Таблиця 1. Зміна метеорологічних та гідрологічних характеристик (%) за листопад місяць у басейні річки Південний Буг (період 1989-2011 рр. відносно попереднього періоду)

Територія	Метеорологічні характеристики		Гідрологічні характеристики												
	температура повітря	опадів	витрати води	рівні води			середня швидкість			максимальна швидкість					
				вільне	лдст	заб	тр	вільне	лдст	заб	тр	вільне	лдст	заб	тр
В цілому по басейну	19,8	7,4	23,1	11,4	-	17,9	5,5	-7,9	-	-13,4	-12,8	-6,1	-	-10,7	-11,1
Кількість постів (станцій) із збільшенням	14	12	15	12	-	2	6	3	-	1	2	4	-	1	3
Кількість постів (станцій) із зменшенням	1	3	6	3	-	-	3	11	-	1	7	11	-	1	6
Верхня частина басейну	35,6	5,2	17,3	11,2	-	31,0	8,0	-9,3	-	-45,0	-14,2	-6,6	-	-29,6	-12,2
Кількість постів(станцій) із збільшенням	9	6	11	10	-	1	5	2	-	0	2	3	-	0	2
Кількість постів(станцій) із зменшенням	1	3	4	2	-	0	2	9	-	1	5	9	-	1	5
Нижня частина басейну	25,1	12	37,6	12,3	-	4,8	-3,3	-2,1	-	18,2	-8,0	-3,7	-	8,3	-7,2
Кількість постів(станцій) із збільшенням	5	5	4	2	-	1	1	1	-	1	0	1	-	1	1
Кількість постів(станцій) із зменшенням	0	0	2	1	-	0	1	2	-	0	2	2	-	0	1

Примітка: лдст. – льодостав; заб. – за береги; тр. – заростання русла

Таблиця 2. Зміна метеорологічних та гідрологічних характеристик (%) за грудень - лютий місяці у басейні річки Південний Буг (період 1989-2011 рр. відносно попереднього періоду)

Територія	Метеорологічні характеристики		Гідрологічні характеристики												
	температура повітря	опадів	витрати води	рівні			середня швидкість			максимальна швидкість					
				вільне	лдст	заб	тр	вільне	лдст	заб	тр	вільне	лдст	заб	тр
В цілому по басейну	37,6	-2,8	-3,1	10,4	5,5	-7,3	-19,6	-3,0	-10,2	-25,0	-16,5	-12,1	-3,1	-21,6	-2,8
Кількість постів (станцій) із збільшенням	15	10	5	7	12	1	2	3	3	0	3	2	4	0	10
Кількість постів (станцій) із зменшенням	0	11	10	2	3	1	14	6	13	1	12	7	10	3	11
Верхня частина басейну	37,5	-0,4	-3,7	9,5	5,8	-16,3	-24,7	-3,4	-10,9	-25,0	-21,3	-13,1	-6,8	-24,4	-0,4
Кількість постів(станцій) із збільшенням	10	7	3	6	10	0	1	2	2	0	2	1	2	0	7
Кількість постів(станцій) із зменшенням	0	8	9	1	2	1	12	5	11	1	10	6	9	2	8
Нижня частина басейну	37,8	-9,0	-0,3	14,4	4,4	1,7	2,5	-1,9	-7,3	-	2,6	-8,6	11,5	-15,9	-9,0
Кількість постів(станцій) із збільшенням	5	3	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	2	0	3
Кількість постів(станцій) із зменшенням	0	3	1	1	1	0	2	1	2	0	2	1	1	1	3

Примітка: лдст. – льодостав; заб. – за береги; тр. – заростання русла

**Таблиця 3. Зміна метеорологічних та гідрологічних характеристик (%) за березень-квітень місяці у басейні річки
Південний Буг (період 1989-2011 відносно попереднього періоду)**

Територія	Метеорологічні характеристики		Гідрологічні характеристики												
	температура повітря	опадів	витрати води	рівні				середня швидкість				максимальна швидкість			
				вільне	лдст	заб	тр	вільне	лдст	заб	тр	вільне	лдст	заб	тр
В цілому по басейну	43,9	2,3	-42,8	-10,5	1,8	-5,5	-10,1	-32,5	-20,6	-17,9	-23,6	-22,2	-23,9	-17,0	-20,4
Кількість постів (станцій) із збільшенням	15	9	0	4	3	3	3	0	0	3	0	1	0	2	1
Кількість постів (станцій) із зменшенням	0	6	21	12	2	6	4	16	3	6	7	14	4	8	6
Верхня частина басейну	47,1	4,8	-41,7	-12,4	1,8	-10,4	-15,5	-36,6	-20,6	-24,0	-26,2	-24,3	-23,9	-21,5	-25,8
Кількість постів(станцій) із збільшенням	10	7	0	2	3	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
Кількість постів(станцій) із зменшенням	0	2	15	11	2	4	4	13	3	5	5	12	4	6	5
Нижня частина басейну	37,5	0,5	-45,7	-2,0	-	4,3	3,5	-14,6	-	-5,6	-17,2	-13,1	-	-6,5	-7,1
Кількість постів(станцій) із збільшенням	5	2	0	2	0	2	2	0	0	2	0	0	0	1	1
Кількість постів(станцій) із зменшенням	0	3	6	1	0	1	0	3	0	1	2	2	0	2	1

Примітка: лдст. – льодостає; заб. – за береги; тр. – заростання русла

Для середньої та максимальної швидкості течії характерні більш суттєві зміни. При вільному руслі швидкості (середні та максимальні) зменшуються на 16-20%. Зазначені зміни більш характерні для верхньої частини басейну (табл.2). Для нижньої частини басейну характерним є незначне збільшення швидкостей (на 2,5%).

При наявності стійкого льодоставу у руслі в останні десятиліття середня швидкість потоку зменшується на 3%, більш суттєво зменшується максимальна швидкість – на 12%. При наявності заберегів середня швидкість потоку зменшується на 10%. Для максимальної швидкості зміни є протилежно спрямованими, тобто для верхів'я басейну максимальні швидкості в річках зменшуються на 7%, а для нижньої частини - навпаки, збільшується на 11,5%.

Найбільш суттєві зміни водного режиму річок в басейні Південного Бугу відбуваються у період весняного водопілля (березень-квітень) - табл.3. При незначному збільшенні опадів (до 5 %), в останні два десятиліття маємо суттєве зменшення усіх інших досліджуваних характеристик. А саме: за даними всіх гідрологічних постів басейну, не залежно від місця розташування, майже вдвічі зменшились витрати води (на 42-46%). Відповідно зменшились і рівні води (в середньому для басейну на 10,5%). За наявності заберегів та трави у верхів'ї басейну маємо зменшення рівнів, та незначне їх збільшення у нижній частині (табл.3).

Значні зміни прослідковуються у значеннях середньої та максимальної швидкості течії. Незалежно від стану русла, більші зміни характерні для верхньої частини басейну: середні швидкості зменшились тут на 20-35%, максимальні - на 20-25% (табл. 3.).

Висновки. Враховуючи проведені дослідження, можна зробити висновок, що протягом останніх двох десятиліть в межах басейну Південного Бугу спостерігаємо значні зміни температури повітря в холодний період року у бік зростання, що спричиняє відповідні зміни гідрологічних характеристик у зимовий період.

Початок зимового сезону (листопад місяць) характеризується зростанням водності річок басейну в останні десятиліття, обумовлене відповідним збільшенням сум атмосферних опадів. Більш стабільна ситуація спостерігається в період зимової межени (грудень-лютий місяці), коли незначному зменшенню кількості опадів відповідає аналогічне зменшення витрат води. Найбільші зміни зазначених характеристик, в останні два десятиліття, властиві періоду весняного водопілля (березень-квітень), що характеризується суттєвим зменшенням водності, а також рівнів води і швидкостей течії.

Список літератури

1. Шостакович В.Б. О вскрытии и замерзании рек / В.Б. Шостакович// Метеорологический вестник.- 1903. – т. XIII.- С.13-18.
 2. Панов Б.П. Зимний режим рек СССР / Б.П. Панов.-Л.: Изд. ЛГУ, 1960.-240с.
 3. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР/ Р.В. Донченко. -Л.: Гидрометиздат, 1987.-247 с.
 4. Чижов А.Н. Исследование, расчеты и прогнозы ледовых явлений на реках / А.Н. Чижов.- Л.: Гидрометиздат, 1978.-132 с.
 5. Быдин Ф.И. Зимний режим рек и методы его изучения. Исследования рек СССР/ Ф.И. Быдин.- Л.: Изд. ГГИ, 1933.- Вып.5.-237 с.
 6. Гинзбург Б.М. Многолетняя изменчивость сроков ледовых явлений на реках как индикатор колебаний климата переходных сезонов /Б.М. Гинзбург, И.И. Солдатова// Метеорология и гидрология.-1997.-№11.-С.99-107.
 7. Струтинська В.М. Термічний та льодовий режим річок басейну Дніпра з другої половини ХХ століття/ В.М. Струтинська, В.В. Гребінь.- К.: Ніка-Центр, 2010.- 196 с.
 8. Рахматулліна Е.Р. Оцінка сучасного льодового режиму басейну річки Південний Буг / Е.Р.Рахматулліна, В.В.Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т 3(20). – С. 89-95.
 9. Горбачова Л.О. Багаторічна динаміка льодових явищ в басейні річки
- Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015 – Т.1(36)

Південний Буг / Л.О. Горбачова// Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013.- Т 3(30).- С.21-27. **10. Лобода Н.С.** Вплив глобального потепління на льодовий режим річки Дністер/ Н.С. Лобода, А.М. Сіренко // Науковий вісник Чернівецького університету.-2009.- Вип.480-481.- С. 200-203. **11. Рахматулліна Э.** Аналіз однородності характеристик зимнього режиму рек басейна Южного Буга / Э.Рахматулліна, В.Гребень // Energetika. – Т. 60. – №. 3. – 2014. – Р. 182–194. **12. Маринич О.М.** Фізична географія України/ О.М. Маринич, П.Г. Шищенко.- К.: Тов-во «Знання», 2006.-511с. **13. Будкіна Л.Г.** Схема гідрологічного районування України/ Л.Г. Будкіна, Л.М. Козинцева, С.П. Пустовойт, В.Г. Келембет // В зб. «Географічні дослідження на Україні». - К.: Вид-во «Наукова думка», 1969.- Вип.1.-С.157-172.

Характеристики гідрологічного режиму річок басейну Південного Бугу в холодний період року та їх сучасні зміни

Рахматулліна Е.Р.

Зроблено аналіз змін характеристик гідрологічного режиму річок басейну Південного Бугу в холодний період року за період сучасних кліматичних змін. Відзначено тенденцію до певних змін зазначених характеристик в просторі та з часом.

Ключеві слова: гідрологічний режим, зимовий сезон, багаторічні коливання, кліматичні зміни

Характеристики гидрологического режима рек бассейна Южного Буга в холодный период года и их современные изменения

Рахматулліна Э.Р.

Сделан анализ изменений характеристик гидрологического режима рек бассейна Южного Буга в холодный период года за период современных климатических изменений. Отмечена тенденция к определенным изменениям указанных характеристик в пространстве и во времени.

Ключевые слова: гидрологический режим, зимний сезон, многолетние колебания, климатические изменения

The characteristics of the hydrological regime of the Yuzhny Bug Basin Rivers in cold period of year and their modern changes

Rachmatullina E.R.

Analysis of changes of the hydrological regime characteristics of the Yuzhny Bug Basin Rivers in cold period for period of current climate changes has been done. The tendency to certain changes of these characteristics in space and in time has been found out.

Keywords: hydrological regime, the winter season, long-term fluctuations, climate change.

Надійшла до редколегії 11.02.2015

УДК 556.0.8; 556.16; 551,482

Порохівник Т.О., Ободовський О.Г.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ГІДРОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТОКУ І ТРАНСПОРТУ НАНОСІВ НА РІЧКАХ БАСЕЙНУ СІВЕРСЬКОГО ДІНЦЯ

Ключові слова: завислі наноси, донні наноси, гранулометричний склад, розмиваючі швидкості, нерозмиваючі швидкості.

Вступ. Водні ресурси басейну Сіверського Дінця інтенсивно використовуються в цілях водозабезпечення промислово розвинутого регіону східної України. Процес зарегулювання стоку, шляхом будівництва гідротехнічних споруд та водосховищ, значною мірою змінив природний стан водного об'єкту. Це вплинуло і на стік води в цілому, і на стік наносів зокрема.

Дослідження стоку наносів займає одне з провідних місць в гідрологічній науці. Якісна та кількісна зміна величини стоку наносів веде до структурних

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015 – Т.1(36)

перетворень в руслі річки, зміни величини руслоформувальних витрат, що в свою чергу впливає на стік води в різні фази гідрологічного режиму.

При гідротехнічних розрахунках (замулення водосховищ, гідротехнічне будівництво), проектних роботах, дослідженні руслових процесів необхідним є врахування циклічності та динаміки стоку наносів, зміни їх крупності та фракційності.

Метою роботи стало дослідження просторово-часової динаміки стоку та транспорту наносів на річках басейну Сіверського Дінця.

Вихідні дані. Головним джерелом вихідної інформації були дані Державної гідрометеорологічної служби України по гідрологічним постам. В басейні Сіверського Дінця діють 33 гідрологічні пости на території України (рис. 1). У період з 2004 по 2010 рр було закрито 3 пости на притоках, а саме на річках Хотімля, Казенний Торець і Велика Кам'янка.

Тривалість спостережень на постах є різночасовою і змінюється в межах від 121 років (м. Лисичанськ, з незначними перервами) до 16 років (смт. Станично-Луганське) на р. Сіверський Донець. Досить довгі гідрологічні ряди (понад 80 років спостережень) мають 10 гідрологічних постів на річках Сіверський Донець, Сухий Торець, Казенний Торець, Красна, Айдар, Лугань, які є доволі репрезентативними в дослідженні водності даних річок. Найкоротші ряди спостережень на річках Уда та Бахмут (менше 45 років). Середня тривалість спостережень для української території басейну складає 65 років.

З огляду на моніторингову мережу в басейні Сіверського Дінця, для подальшого дослідження було обрано 10 гідрологічних постів Державної гідрометеорологічної служби України (5 постів на головній річці та 5 постів на притоках), які мають достатньо довгі ряди спостережень і є репрезентативними.

Спостереження за стоком наносів виконуються за даними всього 5 постів: р. Вовча – м. Вовчанськ, р. Оскіл – м. Куп'янськ, р. Казенний Торець – смт. Райське, р. Айдар – с. Новоселівка, р. Лугань – с-ще Калинове. Період спостережень - від початку їх організації до 2011 року. Для розрахунків стоку наносів на річці Сіверський Донець по 5 постах (Огірцеве, Чугуїв, Зміїв, Ізюм, Лисичанськ) було опрацьовано гідрологічну інформацію до 90-х рр. XX ст., що є завершенням спостережень за стоком наносів на них.

Для вказаних оцінок використовувалась інформація про середні річні та максимальні річні витрати води, середні річні та максимальні річні витрати наносів, дані по гранулометричному складу завислих та донних наносів по вказаних гідрологічних постах.

Методика дослідження. Дослідження гідрологічної оцінки стоку і транспорту наносів на річках басейну Сіверського Дінця виконувалось за допомогою побудови різницевих інтегральних кривих стоку води та наносів для визначення циклічності, побудови кумулятивних кривих, для опису фракційності та сортованості наносів. Хронологічні графіки зміни діаметральних розмірів наносів певної забезпеченості дозволили дослідити часову динаміку крупності донного алювію.

Різницеві інтегральні криві (рис. 2) є достатньо ефективним апаратом для аналізу циклічної структури багаторічних коливань стоку. Вони враховують коливання стоку за окремі відносно короткі періоди часу. Дані криві будуються шляхом додавання відхилень модульних коефіцієнтів (K_i) від середнього, з врахуванням коефіцієнта варіації (C_v), тобто їх ординати обраховуються за формулою:

$$F(t) = \sum_1^t (k_i - 1) / C_v \quad (1)$$

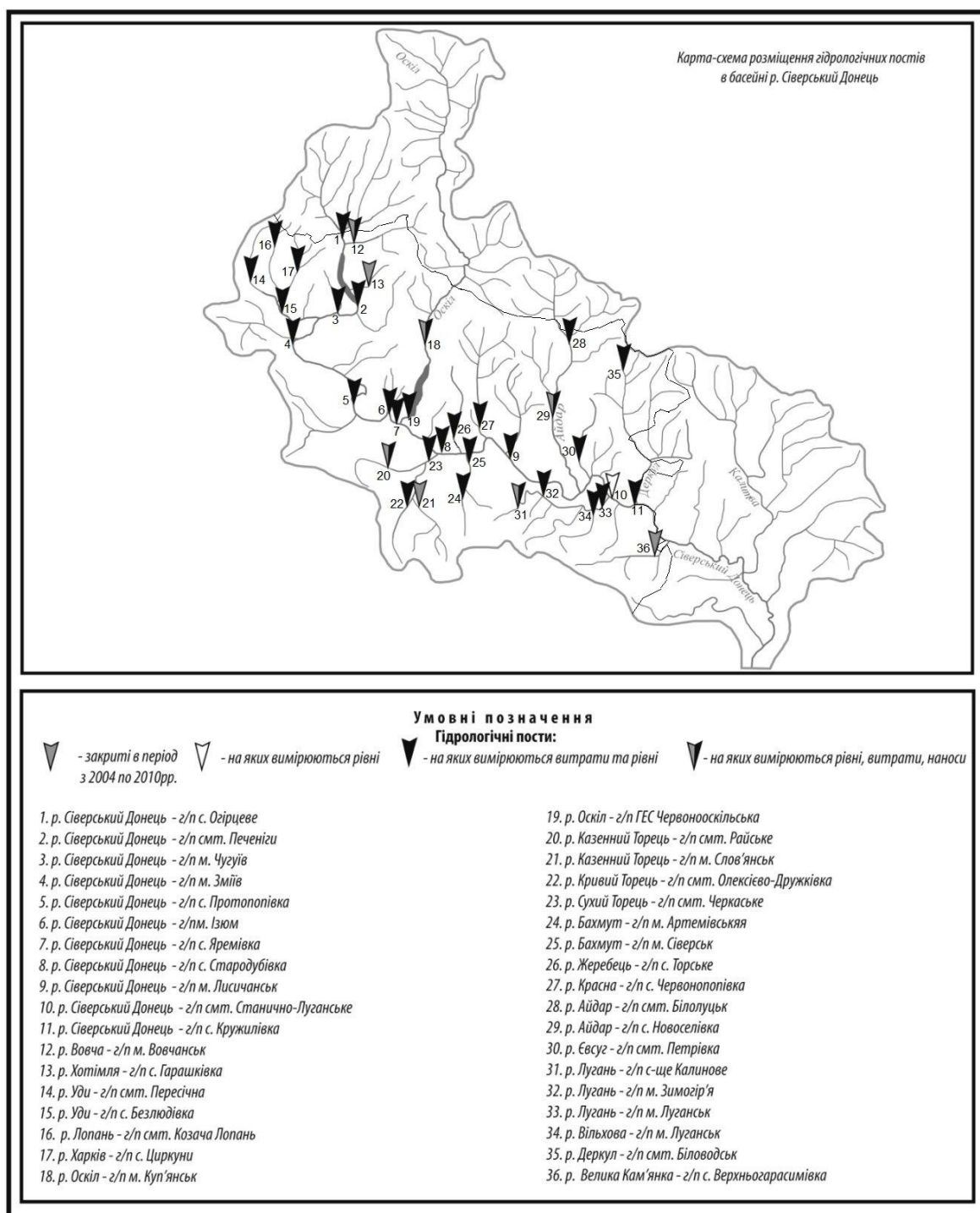
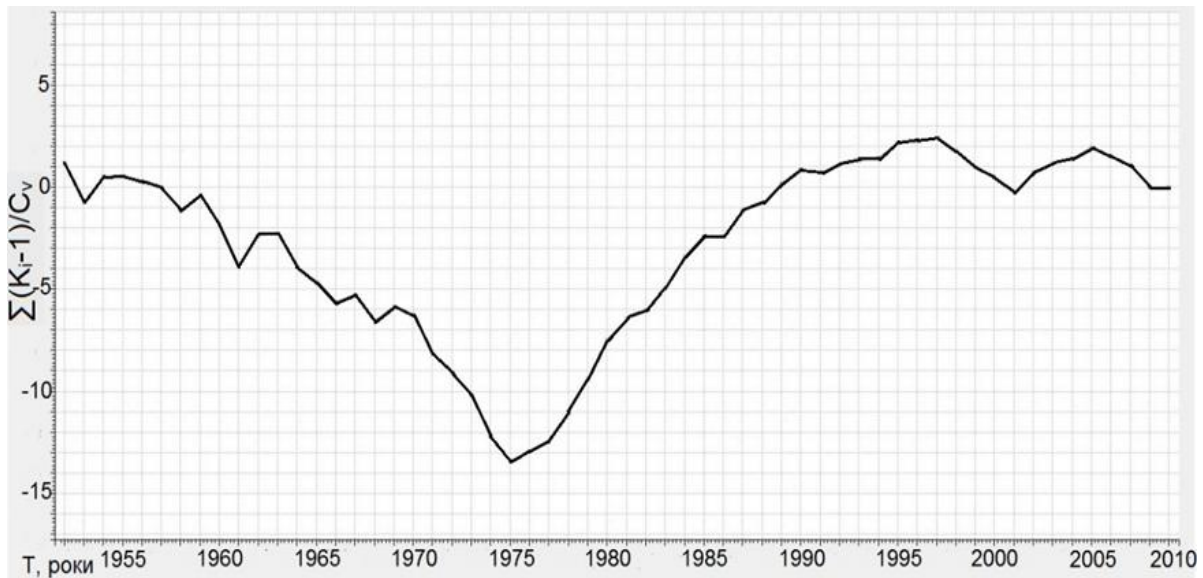


Рис. 1. Карто-схема розміщення гідрологічних постів в басейні річки Сіверський Донець (в межах України)

Таким чином, ординати кривої дають (на кінець кожного і-того року) нестачу суми відхилень річних модульних коефіцієнтів K_i від норми середнього багаторічного значення [5, 6].

Період часу, для якого відрізок інтегральної кривої має напрям вгору і значення $K_{\text{сеп}} > 1$ відповідає багатоводній фазі водності, а період, для якого відрізок кривої має нахил униз і $K_{\text{сеп}} < 1$, відповідає маловодній фазі. Два сусідні періоди – багатоводний і маловодний – становлять цикл коливання водності. Повний цикл повинен мати середнє значення модульних коефіцієнтів, близьке до одиниці [10].



**Рис. 2. Різницева інтегральна крива коливань водності
р. Сіверський Донець – м. Ізюм**

Для виділення циклічності коливань стоку річки Сіверський Донець та деяких його приток було побудовано різницеві інтегральні криві по 10 витратним постам, які мають тривалі ряди спостережень. Розрахунок та побудова графічних об'єктів виконувались із застосуванням програмного продукту Integral Hidrology [9].

Наступним блоком роботи стало дослідження стоку наносів річок. Відомо, що наноси є результатом взаємодії потоку та підстильної поверхні. Ця взаємодія є сталою в часі, але може змінюватися кількісно [2].

Гранулометричний склад наносів змінюється у різні фази гідрологічного режиму, залежить від водності річки та основних гідравлічних характеристик. Основним джерелом надходження твердого матеріалу у річку є ерозія (як басейнова, так і руслова). Внаслідок транспортування частинки породи змінюють свою форму, подрібнюються, їх діаметр зменшується. В загальному (природньому) випадку спостерігається зменшення розміру руслового алювію вниз за течією. Каскади водосховищ, мережа ставків, гребель, і будь-яке руслорегулювання загалом, порушує природні закономірності та вносить певні корективи у зміни крупності алювію [3, 7].

Існує кілька способів для графічного відображення гранулометричного складу. Частіше за все використовується оцінювання за допомогою кумулятивних кривих [4]. Приклад побудови кумулятивних кривих представлено на рисунку 3.

По кривим визначають розмір (d) наносів, який відповідає 25, 50, 75, 95 % забезпеченості. Коефіцієнт сортованості алювію встановлюється за формулою:

$$S_0 = (d_{75}/d_{25})^{0,5} \quad (2)$$

Якщо коефіцієнт сортованості (S_0) дорівнює 1, то це свідчить про ідеальну сортованість наносів, якщо коливається в межах від 1 до 2,5 то сортованість є доброю, якщо від 2, 5 до 4, 5 сортованість середня, понад коефіцієнт 4,5 – погана [4, 15].

Одним з основних завдань дослідження транспортування донних відкладів є розрахунок допустимих швидкісних характеристик потоку. Для вирішення даного завдання було розраховано максимальні допустимі (нерозмивні) середні в перерізі швидкості.

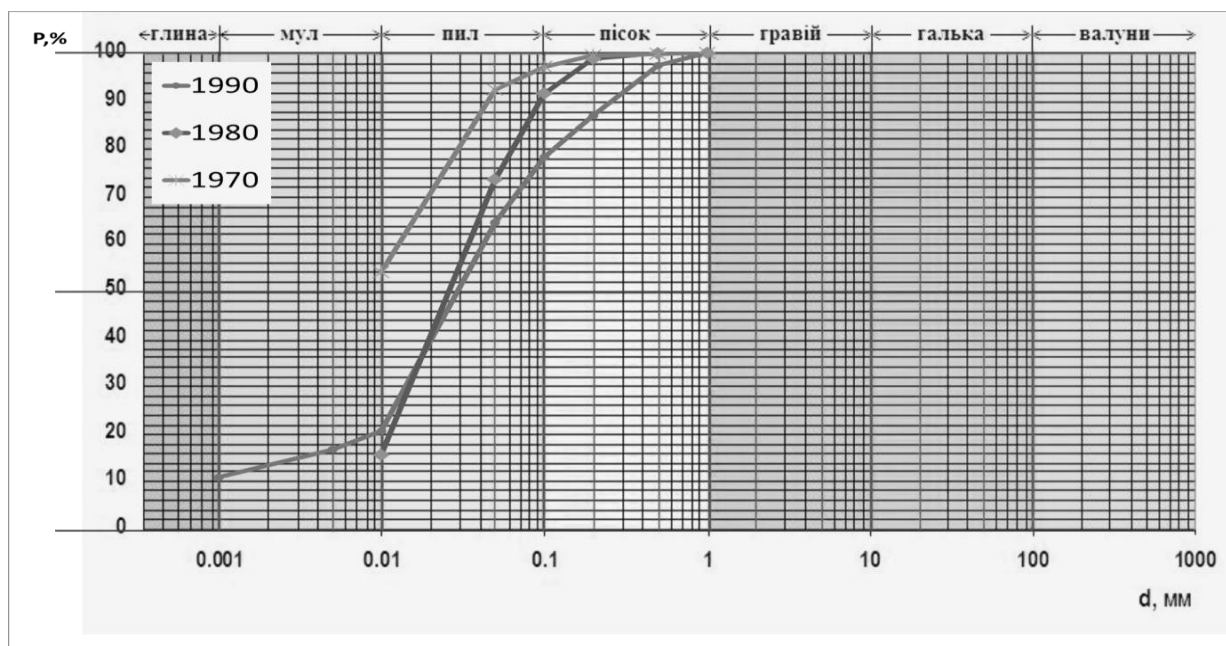


Рис. 3. Кумулятивні криві гранулометричного складу завислих наносів р. Сіверський Донець – м.Зміїв

Для визначення нерозмивних швидкостей потоку було використано довідникову літературу, за якою при відомих середніх глибинах та середньому діаметрі донних відкладів (зняті з кумулятивних кривих) визначалися нерозмивні швидкості потоку [13]. Період спостережень було розділено на 2 часових проміжки: перший – з 1960 до 1980 року, другий – з 1981 до 2011 року. Даний поділ дозволив відслідкувати динаміку зміни нерозмивних швидкостей потоку.

Основні результати дослідження. Фракційність наносів і середня водність. Зміни фаз гідрологічного режиму на річці Сіверський Донець відбувалися доволі синхронно, з піком у 1976-1978, коли маловодна фаза змінилася багатоводною. Середня тривалість маловоддя складала 20 років, а багатоводної фази - 17 років (табл. 1). Наприкінці 90-их років на річці Сіверський Донець знову спостерігається тенденція до зменшення загальної водності річки.

Повний завершений цикл водності річки за обрисами кривих визначити складно, оскільки різницеві інтегральні криві для Сіверського Дінця обмежуються всього двома переломними точками (min, max), а для визначення завершеного циклу їх має бути щонайменше 3. Кількість фракцій гранулометричного складу завислих наносів коливається в межах від 5 до 8, це переважно мулисто-піщані фракції. У верхів'ї річки збільшення фракційного розкиду припадає на багатоводну фазу водності, а в районі г/п Лисичанськ диференціація фракційності не залежить від фази водності. Кількість фракцій у складі донного алювію має більшу амплітуду (від 8 до 12 фракцій). Донні відклади Сіверського Дінця мають значно більшу сортованість, ніж завислі наноси.

На притоках Сіверського Дінця прослідковується аналогічна тенденція змін водності. На річках Вовча, Оскіл, Казенний Торець та Айдар в 1975-1977 роках відбувся перехід від маловодної до багатоводної фази. На Осколі фази водності є короткотривалими, піки виражені не чітко, що є безпосереднім результатом впливу Червонооскільського водосховища на природний перебіг процесів змін водності. Завислі наноси в потоках приток представлені 5-8 фракціями, відповідно до підрахунків, кількість фракцій збільшується в багатоводну фазу, або залишається незмінною.

**Таблиця 1. Фази водності та кількість фракцій наносів річок
басейну Сіверського Дінця**

Річка	Пост	Тривалість, рр	Фаза*	Гранулометрія наносів (кількість фракцій)	
				Донні	Завислі
Сіверський Донець	с. Огірцеве	1964-1977	-	9	5
		1978-1995	+	11	6
Сіверський Донець	м. Чугуїв	1964-1977	-	11	6
		1978-1993	+	11	8
Сіверський Донець	м. Зміїв	1949-1976	-	9	6
		1977-1993	+	10	8
Сіверський Донець	м. Ізюм	1953-1976	-	9	6
		1977-1995	+	12	7
Сіверський Донець	м. Лисичанськ	1964-1976	-	8	6
		1977-1990	+	8	6
Вовча	м. Вовчанськ	1971-1976	-	8	7
		1977-1990	+	10	8
		1991-2011	-	11	8
Оскіл	м. Куп'янськ	1971-1976	-	8	5
		1977-1982	+	8	7
		1983-1992	-	11	5
		1993-1999	+	11	7
		2000-2011	-	12	6
Казенний Торець	с. Райське	1965-1974	-	9	7
		1975-2011	+	12	8
Айдар	с. Новоселівка	1964-1976	-	10	5
		1977-2001	+	12	7
Лугань	с. Калинове	1964-1991	-	12	7
		1992-2011	+	10	7

* «+» - багатоводна фаза, «-» - маловодна фаза гідрологічного режиму

Стік завислих наносів. Оцінку стоку води та наносів було виконано за допомогою накладання різницевих інтегральних кривих середніх річних витрат води, максимальних річних витрат води, а також, середніх річних витрат наносів та найбільших річних витрат наносів.

В процесі дослідження було виділено, що для переважної більшості постів в басейні р. Сіверський Донець різницеві інтегральні криві максимальних добових витрат води, найбільших добових витрат завислих наносів, середньорічних витрат наносів мають спільну спрямованість, тому доцільно назвати їх сукупністю кривих. На відміну від вищезазначених кривих, різницеві інтегральні криві середньорічних витрат води (криві загальної водності) досить часто мають протилежний напрям, тому їх не включено до даної сукупності (рис.4).

Для р.Сіверський Донець проявляється тенденція до синхронності та синфазності коливань характеристик стоку води та наносів від початку спостережень до 70-80 рр ХХ століття. В наступному періоді криві коливань загальної водності мають протилежний напрямок, тобто, має місце асинхронність коливань середньої водності з сукупністю інших кривих (рис.4). Розглядаючи детальніше цю сукупність кривих, слід відмітити, що пройшовши точки екстремумів ординати кривих мають стійку тенденцію до зменшення, на фоні підвищення загальної водності річки.

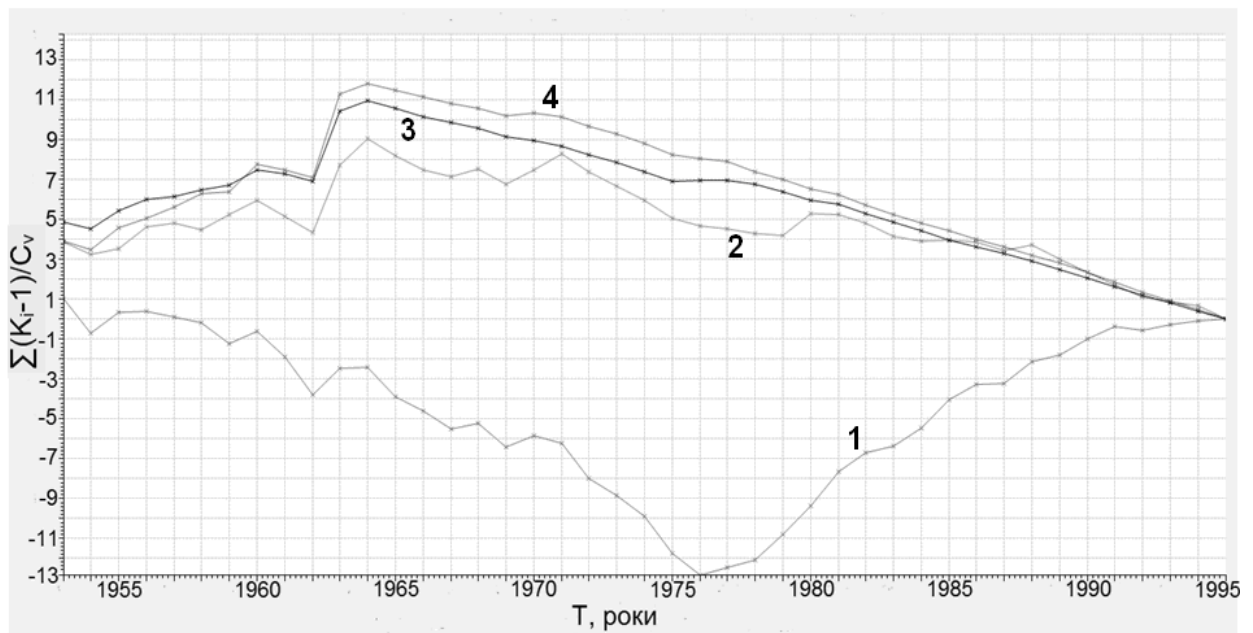


Рис. 4. Різницеви інтегральні криві багаторічних коливань середньорічних (1), максимальних (2) річних витрат води та середньорічних (3), максимальних (4) річних витрат наносів р. Сіверський Донець – м. Ізюм

Для лівобережних приток Сіверського Дінця, таких як р.Оскіл та р. Айдар всі криві є синфазними до середини 70-х років. В наступному періоді напрямок сукупності кривих змінюється в бік від’ємних значень, коли криві коливання загальної водності на фоні маловодної фази характеризуються великою кількістю багатоводних флуктуацій.

Асинфазністю сукупності кривих та кривих загальної водності характеризуються правобережні притоки, такі як р. Казенний Торець та р. Лугань, що пояснюється особливостями геологічної будови їх басейнів.

Таким чином, виявлена закономірність підтверджує залежність стоку наносів від проходження саме максимальних витрат води, а не середніх, оскільки при значному стоці збудовується придонний шар алювію і транспортується потоком.

Гідрологічний режим досліджуваних річок дещо змінився внаслідок антропогенного впливу та зарегулювання стоку. Для більшості постів на фоні зростання загальної водності (багатоводна фаза) сукупність кривих прямували в область від’ємних значень. Це пояснюється стабільним зрізанням піків максимальних витрат води та наносів русловими водосховищами (Печенізьке -383 млн м³, Червонооскільське – 445 млн м³, Краснопавлівське – 410 млн. м³ та ін.). До них треба долучити низки невеликих ставків по всьому басейну річки (понад 1700 шт., загальним об’ємом 208 млн м³), та введення в експлуатацію каналів Сіверський Донець – Донбас (43 м³/с) та Дніпро – Донбас (пропускна здатність І черги 120 м³/с) [8, 11, 14].

Виключенням в цьому контексті є р.Вовча – м.Вовчанськ, де спостерігається синхронність коливань стоку середніх річних та максимальних річних витрат води, а криві витрат наносів є синфазними з кривими витрат води (рис.5), типових для природного водотоку, що доводить твердження про відсутність зарегулювання річки. Нижче впадіння Вовчої в Сіверський Донець побудовано Печенізьке водосховище (1958-1962 рр), заповнення якого тривало з 1962 до 1964 року. Підпір рівнів прослідковується до району впадіння Вовчої, а в межах міста Вовчанськ вплив водосховища майже повністю нівелюється.

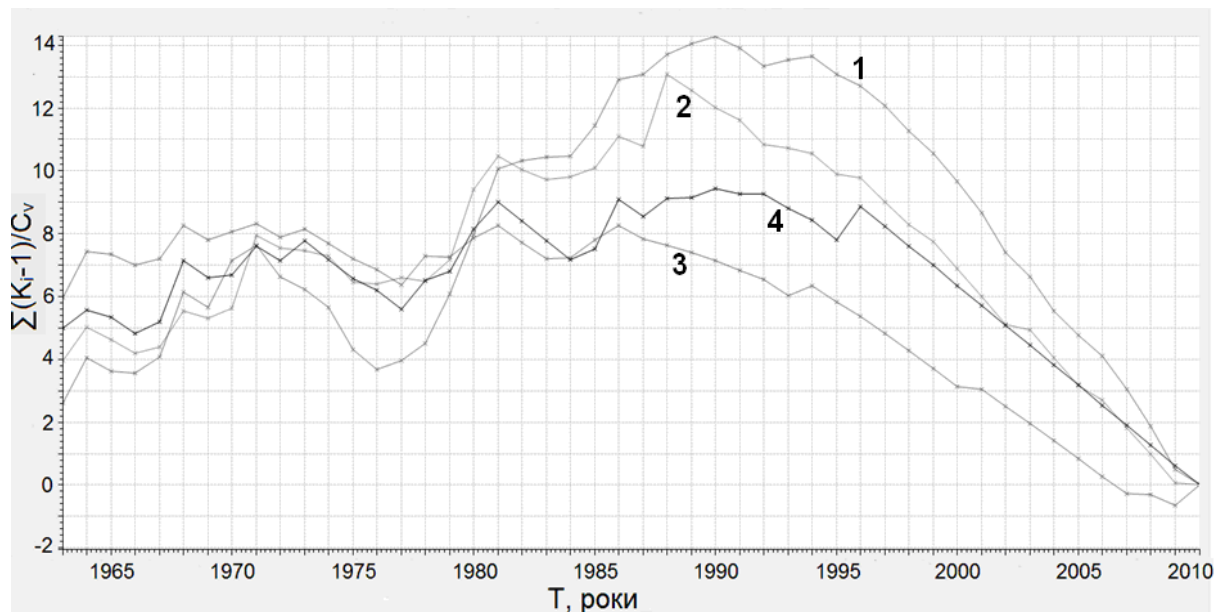


Рис. 5. Різницеви інтегральні криві багаторічних коливань середньорічних (1), максимальних (2) річних витрат води та середньорічних (3), максимальних (4) річних витрат наносів р. Вовча – г/п Вовчанськ

Гранулометрія донних наносів. Дослідження зв'язку часових змін гранулометричного складу донних наносів виявило тенденції хронологічних змін крупності основних приток Сіверського Дінця. Абсолютні значення розмірів наносів різної забезпеченості (d_{25} , d_{50} , d_{75} – зняті з кумулятивних кривих) трансформуються з часом.

Хронологічні графіки, які представлені на рис. 6, показують зміну крупності донних відкладів з часом та дають можливість оцінити тенденції змін гранулометрії більш точно, оскільки для побудови використовуються щорічні (осереднені в середині року) дані.

На р. Вовча за весь період спостережень прослідковується тенденція до збільшення фракційності донних відкладів. Підтвердженням цього є напрямки ліній трендів для відкладів різного діаметру, що зображено на рисунку 6.а (верхня лінія відповідає d_{75} , середня – d_{50} , нижня – d_{25}). Кількість фракцій зростає, як і амплітуда їх безпосередніх діаметрів. Якщо розглядати крупність відкладів за фазами, то слід відмітити, що за останній 25-річний період на фоні маловодної фази, та зменшення максимальних витрат води, діаметри донних відкладів також зменшуються.

Аналогічні зміни крупності спостерігаються і на Осколі (рис. 6.б). За весь період спостережень відмічається зростання d_{75} та зменшення d_{25} . Обмеженість вихідних даних у початковий період не дає змоги прослідкувати тенденції зміни гранулометрії донних відкладів до 1971 року. В період з 1971 по 2011 рр середні та дрібні фракції є практично незмінними на фоні маловодної фази, а розміри крупних наносів зростають (рис. 6.б). Вплив на природній перебіг процесів чинить зона підпору Червонооскільського водосховища. В маловодну фазу крупні частинки відкладаються на дні, внаслідок зміни швидкісного режиму.

За досліджений період на Айдарі спостерігається збільшення крупності донних відкладів та зростання амплітуди коливань їх значень (рис. 6.в). Зростає фракційність (як середньорічна, так і у період водопілля), на фоні зменшення максимального стоку. Діаметри донних відкладів зростають.

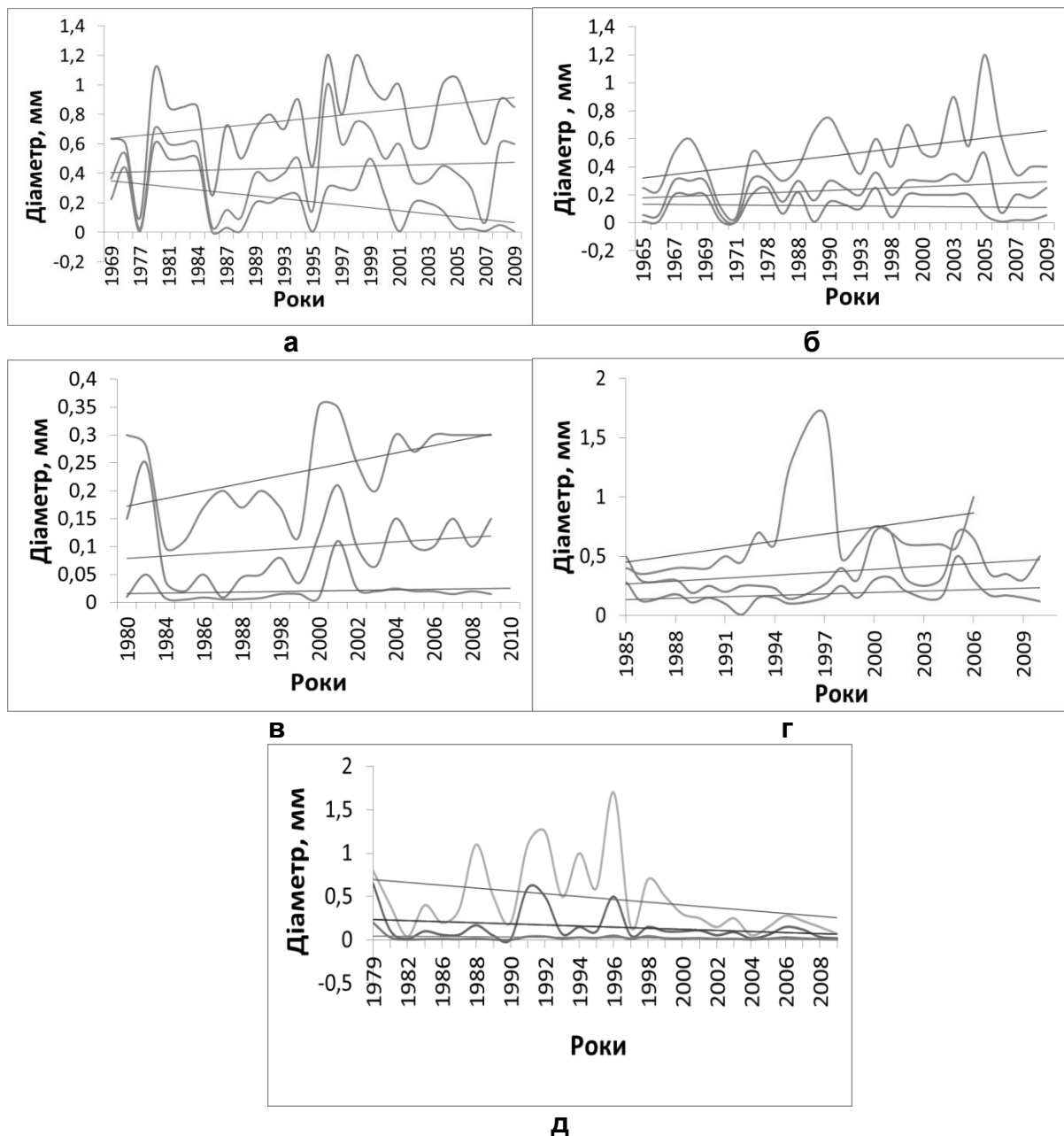


Рис. 6. Хронологічні графіки змін гранулометричного складу донних наносів:
а) р.Вовча – г/п Вовчанськ; б) р.Оскіл – г/п Куп'янськ; в) р. Айдар – г/п Новоселівка;
г) р. Казенний Торець – г/п Райське; д) р. Лугань – г/п Калинове

Отже, на лівобережних притоках зростає фракційність донних відкладів: крупні частинки мають тенденцію до збільшення, а дрібні – подрібнюються (слабке зростання діаметрів дрібних частинок характерне лише для р. Айдар).

Діаметр донних відкладів р. Казенний Торець різної забезпеченості збільшується, укрупнюються навіть найдрібніші фракції (рис.6.г). Донна гранулометрія не залежить від змін фаз водності, оскільки річка є досить зарегульованою, і значний вплив на неї чинять забори та скиди води для водогосподарських та промислових цілей. Транспортувальна здатність потоку зменшилася з сер 80-х років.

Протилежні процеси спостерігаються на річці Лугань. Зміна донної гранулометрії відбувається в бік зменшення розмірів частинок, тобто, відбувається їх подрібнення. На фоні багатоводної фази діаметр донних відкладів зменшується,

так само, зменшуються максимальні витрати води, що обумовлює зменшення транспортувальної здатності потоку.

Транспортування донних наносів. Донні відклади починають переміщуватися, коли швидкості потоку, які на них діють, досягають такої величини, за якої частинки виходять із стану рівноваги на дні і зриваються з місця. В зв'язку з тим, що зі збільшенням швидкості потоку спочатку відбувається змив більш дрібніших наносів, крупні фракції поступово обтікаються потоком, утворюючи мікрозавихрення. Мікрровихори потоку сприяють посиленому вимиву дрібних фракцій і виникненню підйомних сил, що полегшують зрив крупніших частинок [1]. У результаті того, що зі збільшенням швидкості потоку відбувається спочатку змив дрібніших наносів, а пізніше – більш крупних, русло річки поступово поглиблюється, а його дно залишається вимощеним крупними фракціями.

Для обчислення розмивних та нерозмивних швидкостей течії весь період спостережень було поділено на 2 часові проміжки («давній» період – з 1960 по 1980 рр. та сучасний – з 1981 до 2011рр.) Періоди є осередненими для фаз водності річок всього басейну, особливий інтерес становить поділ на межень та водопілля в середині року.

Відповідно до швидкісного режиму, притоки Сіверського Дінця поділились на 2 групи:

- 1) Річки, в яких спостерігається зростання середніх діаметрів донних відкладів (d_{50}) та максимальних нерозмивних швидкостей ($V_{\max}$);
- 2) Річки, в яких зменшуються середні діаметри донних відкладів (d_{50}) та максимальні нерозмивні швидкості ($V_{\max}$).

До першої групи належать річки Вовча, Казенний Торець та Айдар (табл. 2). Вони характеризуються зростанням значень швидкостей. Це свідчить про однаправленість процесу розмиву руслової улоговини. Потік в межах досліджених постів володіє підвищеною транспортувальною здатністю, тому донний алювій укрупнюється. Активізуються ці процеси саме в період весняного водопілля, оскільки нерозмивні швидкості є нижчими, ніж фактичні виміряні швидкості. В межень, досить часто фактичні швидкості є значно меншими за максимальні нерозмивні, тому ерозії русла не відбувається.

Таблиця 2. Максимальні допустимі нерозмивні швидкості потоку в межень та водопілля для основних приток Сіверського Дінця

Річка - пост	Період, роки	Водопілля			Межень		
		$H_{\text{сер}}$, м	d_{50} , мм	$V_{\max}$, м/с	$H_{\text{сер}}$, м	d_{50} , мм	$V_{\max}$, м/с
р. Вовча – м. Вовчанськ	1960-1980	1,31	0,3	0,50	0,58	0,20	0,40
	1981-2011	1,55	0,4	0,55	0,64	0,35	0,45
р. Оскіл – м. Куп'янськ	1960-1980	3,12	0,17	0,6	1,67	0,23	0,55
	1981-2011	2,59	0,25	0,55	1,70	0,3	0,55
р. Казенний Торець – с. Райське	1960-1980	0,98	0,025	0,3	0,41	0,21	0,35
	1981-2011	1,06	0,04	0,5	0,64	0,25	0,45
р. Айдар – с. Новоселівка	1960-1980	1,46	0,040	0,3	0,65	0,038	0,3
	1981-2011	1,88	0,065	0,4	0,69	0,05	0,3
р. Лугань – с. Калинове	1960-1980	1,03	0,21	0,40	0,53	0,20	0,4
	1981-2011	0,78	0,07	0,35	0,41	0,1	0,35

До другої групи було віднесено річки Оскіл та Лугань (табл. 2). Для обох річок спостерігається подібна тенденція зміни швидкісних характеристик, але генезис процесів є різним. На Лугані значення максимальних нерозмивних швидкостей є вищими, ніж фактичні швидкості, тому в руслі переважає процес акумуляції

наносів. Підтвердженням даного висновку є зменшення діаметрів донних відкладів в руслі річки. Для Осколу, спостерігається зростання діаметрів донних відкладів, яке обумовлене не розмивом русла, а впливом зони підпору, що знижує швидкості потоку та транспортувальну здатність, тому тут превалює процес акумуляції.

Висновки. Виконано загальну оцінку водності, та встановлено, що наприкінці 70-х років почалась багатоводна фаза, яка в кінці 90-их років змінилася на маловодну на річках басейну Сіверського Дінця. Зміни фаз водності впливають на кількість фракцій завислих наносів у потоці (маловодна – 5-6 фракцій, багатоводна – 7-8), а для донних відкладів це прослідковується доволі опосередковано. В сучасному періоді з'являється мулиста фракція, якої не було в попередніх періодах, це свідчить про зростання частки басейнової складової в процесі наносоутворення (в розрізі чорноземних ґрунтів мулиста фракція є чітко вираженою).

Для виділення циклічності коливань стоку було побудовано різницеві інтегральні криві, розрахунок та побудова графічних об'єктів виконувались із застосуванням власного програмного продукту Integral Hidrology.

Встановлено, що для переважної більшості постів (9 із 10, виключенням стала р. Вовча) в басейні р. Сіверський Донець різницеві інтегральні криві максимальних добових витрат води, найбільших добових витрат завислих наносів, середньорічних витрат наносів мають спільну спрямованість, тому доцільно було їх об'єднати в сукупність кривих. На відміну від них, різницеві інтегральні криві середньорічних витрат води досить часто мали протилежне спрямування, тому їх не було включено до цієї сукупності. Сукупність кривих показує взаємозалежність вказаних характеристик, оскільки стік наносів активно реагує на гідравлічні зміни (при збільшенні витрат, зростають швидкості, а відповідно зростає і транспортуюча здатність потоку). Зв'язок стоку наносів з середньою водністю досить слабкий, оскільки внаслідок осереднення значень пікових витрат, втрачається певна дискретність у стоці завислих наносів.

Визначено зміни швидкісного режиму, а саме, розраховано максимальні швидкості потоку, за яких відсутній розмив русла річки, та порівняно їх з фактичними швидкостями. Дане дослідження виконано для основних приток Сіверського Дінця, річок Вовча, Оскіл, Казенний Торець, Айдар, Лугань. Встановлено, що в період межені розраховані максимальні швидкості, є значно вищими за фактичні виміряні, що свідчить про відсутність розмивів русла. В період водопілля допустимі нерозмивні швидкості домірні та вищі від виміряних швидкостей. Дослідженнями показано, що ерозійні процеси характерні для річок Вовча, Казенний Торець, Айдар, а акумуляція річкового алювію властива річкам Оскіл та Лугань.

Список літератури

1. *Алексеевский Н. И.* Движение наносов и русловые процессы / Н. И. Алексеевский, Р. С. Чалов. – М. : МГУ, 1997. – 169 с. 2. *Карасев И. Ф.* Транспортирующая способность турбулентных потоков и деформация русла в связных грунтах / И. Ф. Карасев // Труды ГГИ. – 1965. – Вып. 124. – С. 55-90. 3. *Караушев А. В.* Теория и методы расчета речных наносов / А. В. Караушев. – Л.: Гидрометиздат, 1977. – 270 с. 4. Латориця : гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси : монографія / Ободовський О. Г., Онищук В. В., Розлач З. В. та ін. ; [за ред. О. Г. Ободовського]. – К. : ВПЦ «Київ. університет», 2012. – 319 с. 5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» для студентів географ. факультету / упоряд. О. І. Лук'янець. – К. : ВПЦ «Київ. університет», 2010. – 60 с. 6. Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни «Річковий стік та гідрологічні розрахунки» для студентів географ. факультету/ упоряд. С. С. Дубняк. – К. : ВПЦ «Київ. університет», 2006. – 37 с. 7. *Назаренко І. І.*

Ґрунтознавство : підручник / Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. – Чернівці : Книги–ХХІ, 2003. – 400 с. **8. Паламарчук М. М.** Водний фонд України : довідковий посібник / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закарчевна ; [за ред. В. М. Хорева, К. А. Алієва]. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 392 с. **9. Порохівник Т. О.** Застосування програми «INTEGRAL GIDROLOGY» для розрахунку різницевих інтегральних кривих коливань стоку річки в гідрології / Т. О. Порохівник, М. Д. Савицький // Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології : Мат. 6-ої Всеукр. наук. конф. з міжнар. участю. – Дніпропетровськ : Акцент ПП, 2014. – С. 248–251. **10. Порохівник Т. О.** Просторово-часовий аналіз стоку наносів річок басейну Сіверського Дінця / Т. О. Порохівник, Ю. М. Чекулай // Молоді науковці – географічній науці : зб. наук. праць Всеукр. конф. з міжнародною участю. – К. : ВГЛ «Обрії», 2012. – Вип. XI. – С. 156–158. **11.** Сіверський Донець. Водний та екологічний атлас / Васенко О. Г., Гриценко А. В., Карабаш Г. О. та ін. ; [за ред. А. В. Гриценка, О. Г. Масенка]. – Харків : Райдер, 2006 – 188 с. **12. Соколовский Д. Л.** Речной сток (основы теории и методики расчетов) / Д. Л. Соколовский. – Л. : Гидрометиздат, 1968. – 538 с. **13.** Справочник по гидравлике / под ред. В. А. Большакова. – К. : Вища школа, 1977. – 280 с. **14.** Сучасний екологічний стан української частини річки Сіверський Донець (експедиційні дослідження) / Гриценко А. В., Васенко О. Г., Колісник А. В. та ін. ; [за ред. А. В. Гриценка]. – Харків : Контраст, 2011. – 340 с. **15. Чалов Р. С.** Русловедение : теория, география, практика : в 2-х т. – М. : ЛКИ, 2008. – Т. 1: Русловые процессы : факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. – 608 с.

Гідрологічна оцінка стоку і транспорту наносів на річках басейну Сіверського Дінця
Порохівник Т.О., Ободовський О.Г.

Проаналізовано зміни кількості фракцій завислих та донних наносів залежно від фаз водності, а також встановлено зв'язок циклічності стоку наносів з циклічністю проходження максимальних витрат води на річках басейну Сіверського Дінця. Визначено хронологічні зміни розмірів донних наносів та їх транспорту в русловому потоці для річок Вовча, Оскіл, Айдар, Лугань та Казенний Торець.

Ключові слова: завислі наноси, донні наноси, гранулометричний склад, розмиваючі швидкості, нерозмиваючі швидкості.

Гидрологическая оценка стока и транспорта наносов рек бассейна Северского Донца
Порохивнык Т.А., Ободовский А.Г.

Проанализировано изменения количества фракций взвешенных и донных наносов в зависимости от фаз водности, а также установлено связь цикличности стока наносов с цикличностью прохождения максимальных расходов воды рек бассейна Северского Донца. Определено хронологические изменения размеров донных отложений, их транспортирования в русловом потоке для рек Волчья, Оскол, Айдар, Лугань, Казенный Торец.

Ключевые слова: взвешенные наносы, донные наносы, гранулометрический состав, размывающие скорости, неразмывающие скорости.

Hydrologic estimation of sediments runoff and transportation for the rivers of the Siverskyi Donets Basin

Porokhivnyk T., Obodovsky O.

The changes in the fraction number of suspended and ground sediments depending on phases of water content were analyzed. Also the correlation between cycles of sediments` runoff and cycles of maximal water content passage was established for rivers of the Seversky Donets Basin. The chronological changes of ground sediments sizes and their transport in watercourse were detected for the rivers Vovcha, Oskil, Aydar, Luhan, and Kazennyi Torets.

Keywords: stream load, bed load, mesh-size distribution, eroding velocities, noneroding velocities.

Надійшла до редколегії 14.02.2015

УДК 504.454+551.468.4

Гриб О.М.

Одеський державний екологічний університет, м. Одеса

ОЦІНКА РІВНІВ ТА МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ПРИ ЙОГО ПОПОВНЕНІ ВОДАМИ ЧОРНОГО МОРЯ

Ключові слова: *Куяльник, рівні, мінералізація, Чорне море*

Вступ. Актуальність роботи обумовлена необхідністю вивчення різних варіантів поповнення Куяльницького лиману, у якому внаслідок глобального потепління та водогосподарської діяльності катастрофічно зменшилися рівні води та глибини (до менш ніж 0,5 м), що обумовило збільшення солоності води (до 390-420 г/дм³ – в літні місяці року) [1]. Такий розвиток подій загрожує повним зникненням лиману як водного об'єкту, що супроводжуватиметься втратами запасів унікальних лікувальних грязей та ропи. Як один із варіантів відновлення водності Куяльницького лиману запропонований варіант поповнення водойми водою з Одеської затоки Чорного моря.

Мета роботи полягає в оцінці можливого режиму рівнів та мінералізації води Куяльницького лиману за умов поповнення його об'єму морськими водами.

Матеріали і методи дослідження. При моделюванні наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря використовувалась модель водно-сольового балансу, де складовими прибуткової частини є об'єми води та мінералізація (солоність) води в лимані на початку розрахункового періоду (року), річні об'єми та мінералізація води атмосферних опадів, об'єми побутового (порушеного водогосподарською діяльністю) стоку та мінералізація річкових вод, об'єми та солоність морських вод. До видаткової частини водного балансу належать об'єми випаровування з водної поверхні лиману.

Рівняння балансу солей, які містяться у водах Куяльницького лиману, при моделюванні наповнення лиману водами Чорного моря має вигляд

$$W_2 S_2 = W_1 S_1 + (W_{PK} - W_{EK}) S_{PK} + W_r S_r + W_m S_m, \quad (1)$$

де W_1 – об'єм води в лимані на початку розрахункового періоду, млн. м³;

W_2 – об'єм води в лимані в кінці розрахункового періоду, млн. м³;

W_{PK} – об'єм атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману, млн. м³;

W_r – об'єм побутового стоку води (поверхневого, схилового, підземного та з озер пересипу) з басейну лиману в ложе водойми, млн. м³;

W_m – об'єм припливу вод в лиман з моря, млн. м³;

W_{EK} – об'єм випаровування з водної поверхні лиману, млн. м³;

S_1 – мінералізація ропи в лимані на початку розрахункового періоду, г/дм³;

S_2 – мінералізація ропи в лимані в кінці розрахункового періоду, г/дм³;

S_{PK} – мінералізація атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману, г/дм³;

S_r – мінералізація вод побутового стоку води (поверхневого, схилового, підземного та з озер пересипу) з водозбірного басейну лиману в ложе водойми, г/дм³;

S_m – мінералізація вод, які надходять в лиман з Чорного моря, г/дм³.

Моделювання водно-сольового балансу лиману виконувалось за даними періоду з 1960 по 2010 рр. [1]. Нормальний підпертий рівень (НПР) води в лимані прийнято на відмітці мінус 5,5 м БС. Вибір НПР лиману на відмітці мінус 5,5 м БС при поповненні водойми водами моря обумовлено двома головними причинами: а) забезпечення режиму функціонування лиману, при якому рівні води, а відповідно солоності, будуть знаходитися у межах сприятливих для лікувальних цілей ($S_{лік} = 128 \text{ г/дм}^3$) і для існування специфічних організмів лиману та створення лікувальної грязі ($S_{бал} = 40\text{-}200 \text{ г/дм}^3$); б) запобігання затопленню об'їзної дороги, території санаторію, пересипу, яке може виникнути при формуванні високих рівнів води у лимані підчас катастрофічних весняних водопіль і дощових паводків дуже низької забезпеченості.

В басейні Куяльницького лиману можуть формуватись особливо катастрофічні весняні водопілля та дощові паводки дуже низької забезпеченості [2, 3, 4 та ін.]. Отже, для прогнозування можливого затоплення території санаторію, об'їзної дороги, території пересипу тощо, необхідно визначити максимальні рівні води при виникненні високих весняних водопіль та дощових паводків в умовах поповнення лиману морськими водами до НПР = -5,5 м БС.

Для оцінки об'ємів та рівнів води за наявності вищевказаних явищ в умовах наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря до НПР = -5,5 м БС, що відповідає об'єму лиману $W = 75 \text{ млн. м}^3$, було визначено об'єми припливу води з водозбору лиману при формуванні весняних водопіль і дощових паводків 1%-ої забезпеченості та при їх накладанні один на одний.

В роботі [5] проф. Є.Д. Гопченком та О.М. Грибом встановлено, що при формуванні весняного водопілля 1%-ої забезпеченості до лиману з його басейну надійде об'єм води рівний 89,6 млн. м^3 . При формуванні дощового паводку 1%-ої забезпеченості стік з водозбору до лиману буде становити 42,1 млн. м^3 . При накладанні цих явищ одне на одне об'єм припливу води в лиман становитиме 131,7 млн. м^3 . У випадку, коли рівень води в лимані буде дорівнювати НПР = -5,5 м БС до початку водопілля або паводку 1%-ої забезпеченості або при їх накладанні, наприкінці цих явищ можливі такі значення об'ємів та рівнів: а) після водопілля 1%-ої забезпеченості – $W = 165 \text{ млн. м}^3$, $H = -4,0 \text{ м БС}$; б) після паводку 1%-ої забезпеченості – $W = 117 \text{ млн. м}^3$, $H = -4,7 \text{ м БС}$; в) при накладанні водопілля та паводку 1%-ої забезпеченості – $W = 207 \text{ млн. м}^3$, $H = -3,0 \text{ м БС}$.

Якщо припустити, що до початку водопілля або паводку 1%-ої забезпеченості, або при їх накладанні, рівень води і об'єм наповнення лиману будуть дорівнювати максимальним середньорічним значенням – $H = -4,35 \text{ м БС}$ та $W = 140 \text{ млн. м}^3$, то після їх проходження об'єми та рівні води в лимані будуть наступними: а) після водопілля 1%-ої забезпеченості – $W = 230 \text{ млн. м}^3$, $H = -3,0 \text{ м БС}$; б) після паводку 1%-ої забезпеченості – $W = 182 \text{ млн. м}^3$, $H = -3,7 \text{ м БС}$; в) при накладанні водопілля та паводку – $W = 272 \text{ млн. м}^3$, $H = -2,4 \text{ м БС}$.

Із порівняння можливих максимальних відміток рівня води в лимані (мінус 2,4-3,0 м БС) після проходження водопілля або паводку 1%-ої забезпеченості, а також при їх накладанні, з картами та планами місцевості нижньої частини лиману та пересипу [5] впливає, що у сучасних умовах затоплення вказаних вище територій і об'єктів не відбудеться (наприклад, найнижчі відмітки дамби об'їзної дороги дорівнюють мінус 1,0 м БС), тому обрана відмітка НПР = -5,5 м БС може вважатися достатньо обґрунтованою.

Вихідні дані для моделювання водно-сольового балансу лиману для періоду з 1960 по 2010 рр. (річні шари атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману; об'єми побутового стоку води (поверхневого та підземного) з водозбірної басейну лиману в ложе водойми; річні шари води, що випарувалися з водної

поверхні; крива об'єму води та крива площ водної поверхні лиману) були взяті з роботи [1], яка виконувалась Одеським державним екологічним університетом в 2009 р.

Річний об'єм атмосферних опадів, які випали на водну поверхню лиману, W_{PK} , млн. м³, визначався за формулою

$$W_{PK} = P_K F_{лим}, \quad (2)$$

де P_K – шар атмосферних опадів, що випали на водну поверхню за рік, м; $F_{лим}$ – площа водної поверхні лиману, млн. м², яка визначалась з використанням кривої площ (рис. 1) лиману [1, 6, 7].

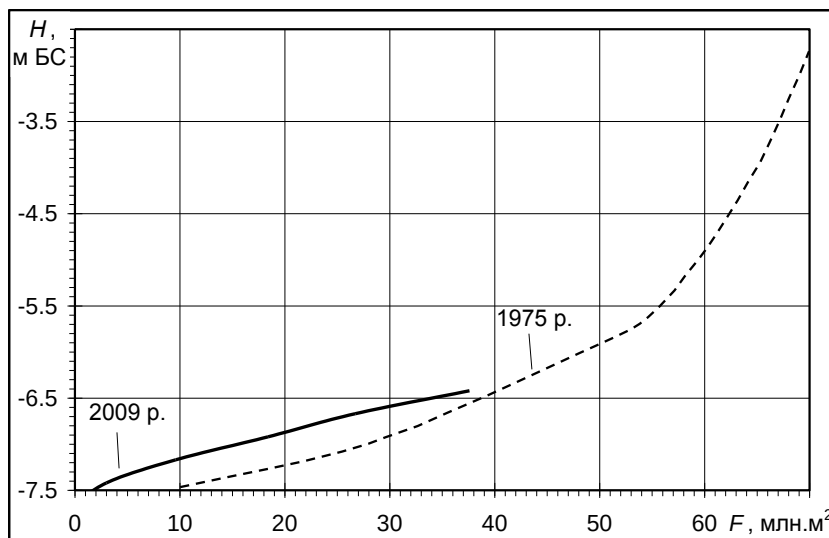


Рис. 1. Криві площ $F_{лим} = f(H)$ водної поверхні Куяльницького лиману за 1975 та 2009 рр. [1, 7]

Річний об'єм води, що випаровується з водної поверхні лиману, W_{EK} , млн. м³, визначався за формулою

$$W_{EK} = E_K F_{лим}, \quad (3)$$

де E_K – шар води, що випаровується з водної поверхні лиману за рік, що визначався за величинами випаровування з водної поверхні E_B оз. Ялпуг, розрахованими по даним метеостанції «Болград», м. Приведення E_B до умов Куяльницького лиману з урахуванням розрахункових значень солоності води лиману відбувалося за таким рівнянням [1, 6, 7]

$$E_K = E_B k_S, \quad (4)$$

де k_S – коефіцієнт $k_S = f(S)$ [1, 6, 7], який дорівнює

$$k_S = -0,002 S + 0,984, \quad (5)$$

де S – мінералізація (солоність) ропи в лимані, г/дм³.

Об'єм припливу вод в Куяльницький лиман з Чорного моря, W_m , млн. м³, визначався як різниця між об'ємом води в лимані при НПР = -5,5 м БС, що відповідає 75 млн. м³, та об'ємом води в лимані на початку розрахункового періоду (року), W_1 , млн. м³.

Початковий об'єм води лиману обчислювався за даними про рівні води на початок року та кривої об'ємів води лиману (рис. 2). Якщо рівень води в лимані на

початку розрахункового періоду (року) був вищим за НПР (-5,5 м БС), то W_m приймався рівним 0 млн. м³.

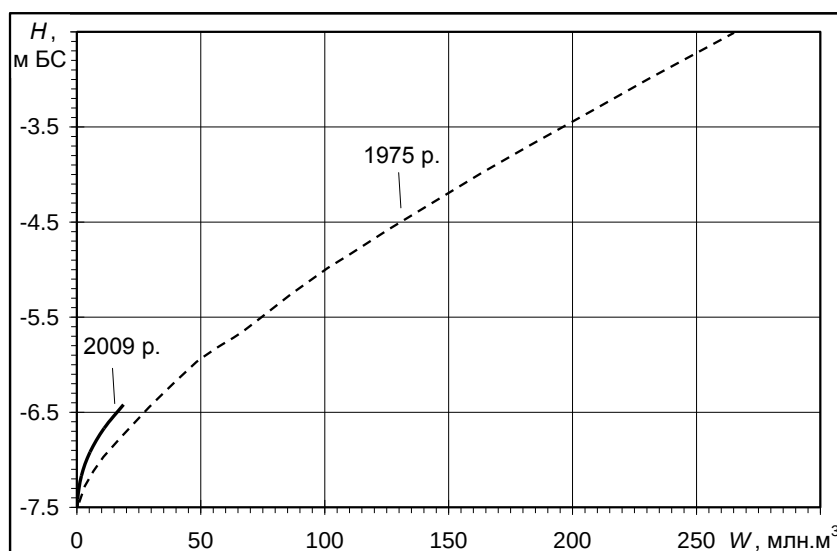


Рис. 2. Криві об'ємів води $W = f(H)$ Куяльницького лиману за 1975 та 2009 рр. [1, 7]

В прибутковій частині розрахункового рівняння водно-сольового балансу Куяльницького лиману (1), прийнятого для розрахунку рівнів і солоності води лиману при поповненні його об'єму морськими водами, відсутні такі складові як фільтрація морських вод через пересип між лиманом і морем та приплив підземних вод через дно чаші водойми. Це пояснюється незначними об'ємами вказаних вод по відношенню до інших складових водно-сольового балансу лиману. Вони становлять десятки та соті відсотків або, інколи, й 1-2 % його приходної частини балансу [1-10 й ін.].

Найбільш ґрунтовні дослідження фільтрації морських вод через пересип між лиманом і морем та припливу підземних вод через дно чаші водойми виконані в 1995 р. під керівництвом проф. Г.І. Швєбса й представлені в роботі [2], де наведено узагальнення результатів усіх попередніх досліджень цих складових водного балансу лиману та зроблено наступний важливий висновок: «... доля підземного водообміну лимана, скорее всего, несопоставимо мала по сравнению с его объёмом. ... Реальная возможность увеличения подземного питания Куяльницкого лимана за счёт вод суши исключена».

В балансових розрахунках мінералізація атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману, S_{PK} , приймалась рівною 0,035 г/дм³. Мінералізація вод побутового стоку води з басейну в ложе лиману, S_r , бралась рівною 3 г/дм³. Мінералізація вод, які надходять в лиман з Одеської затоки Чорного моря, S_m , приймалась рівною 16 г/дм³ [5].

Результати дослідження та їх аналіз.

Для поповнення лиману морськими водами рекомендований зимово-весняний період року, виходячи з наступного:

а) для цього періоду року характерна найбільша вітрова активність, яка буде сприяти інтенсивному оновленню вод Одеської затоки чистими водами відкритого моря;

б) низька температура води обумовлює мінімальні швидкості хімічних і біологічних процесів;

в) через відсутність або мінімальні значення випаровування з водної поверхні лиману ефективність «опріснення» його ропи морськими водами буде максимальною.

Для поповнення Куяльницького лиману до НПР = -5,5 м БС водами Чорного моря в зимово-весняний період року необхідно забезпечити самопливну подачу морських вод з витратою води 3 м³/с. Початковий рівень води Куяльницького лиману приймався мінус 7,00 м БС, а мінералізація води – 365 г/дм³.

Основні результати розрахунків у вигляді багаторічного ходу можливих середньорічних рівнів і мінералізації води Куяльницького лиману при його поповненні до НПР = -5,5 м БС водами Чорного моря (з Одеської затоки), а також об'єми та час припливу води в зимово-весняний період року з витратою води 3 м³/с (в умовах періоду з 1960 по 2010 рр.) наведені на рис. 3 та 4.

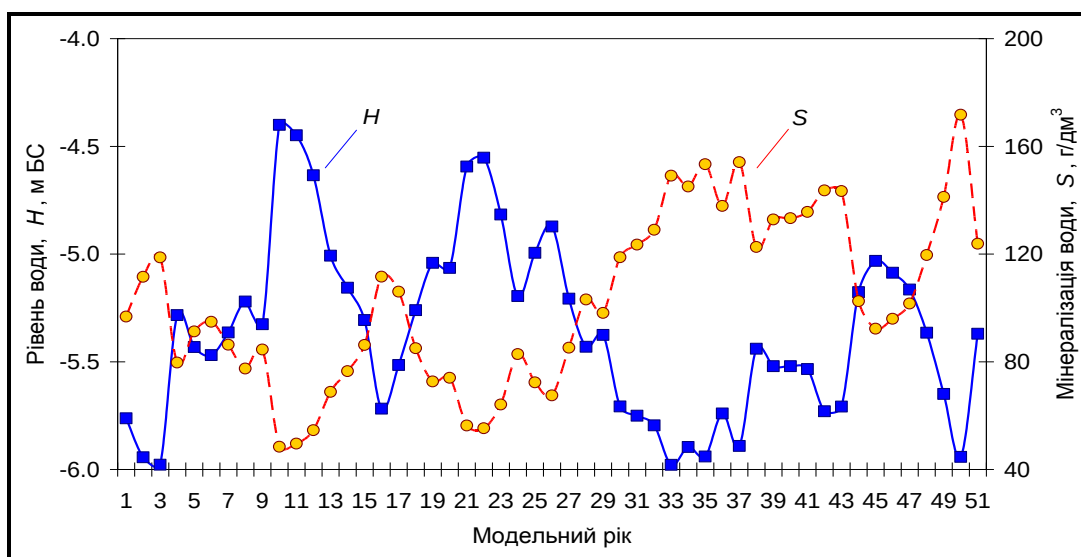


Рис. 3. Багаторічний хід можливих середньорічних значень рівнів і мінералізації води Куяльницького лиману, при поповненні лиману о НПР = -5,5 м БС водами Чорного моря (з витратою води 3 м³/с) в зимово-весняний період року (в умовах періоду з 1960 по 2010 рр.)

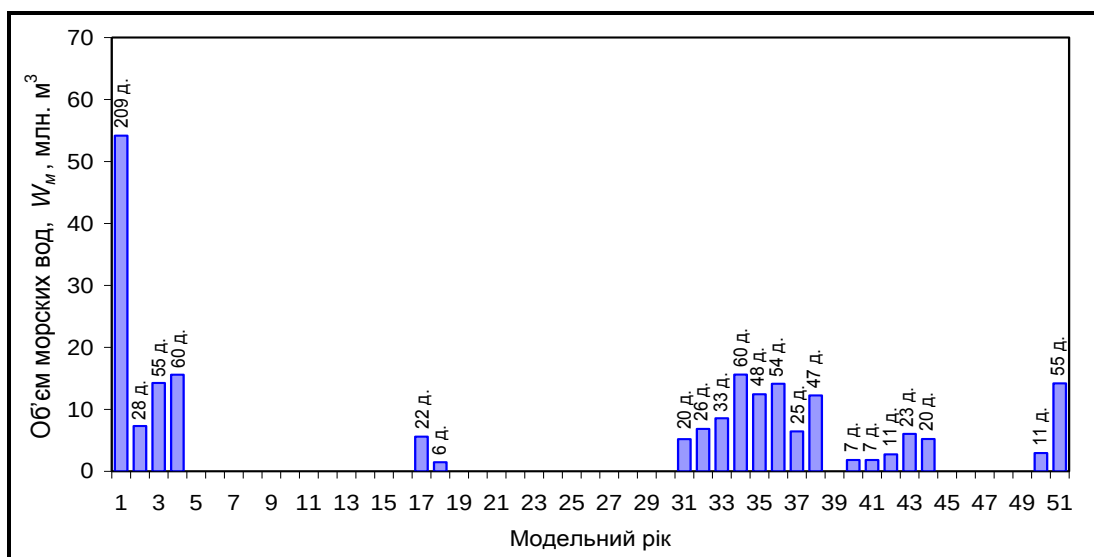


Рис. 4. Можливі щорічні об'єми та тривалість (цифри над стовпчиками) припливу води в Куяльницький лиман, при його поповненні до НПР = -5,5 м БС водами Чорного моря (з витратою води 3 м³/с) в зимово-весняний період року (в умовах періоду з 1960 по 2010 рр.)

З рис. 3 видно, що при наповненні морськими водами середня багаторічна величина мінералізації ропи дорівнює 103 г/дм^3 , мінімальна мінералізація становить 48 г/дм^3 (у роки з високою водністю), максимальна мінералізація – 172 г/дм^3 (у роки низької водності). Тобто, мінералізація ропи лиману знаходиться у межах сприятливих як для лікувальних цілей, так і для існування специфічних організмів лиману та створення лікувальної грязі. За результатами аналізу об'ємів надходження морських вод до лиману (рис. 4), визначених при імітаційному моделюванні, встановлено, що для функціонування лиману у вказаному режимі необхідно забезпечити приплив морських вод в лиман впродовж 7-60 діб з витратою води $3 \text{ м}^3/\text{с}$ (за виключенням першого року).

В перший рік, період наповнення лиману до відмітки НПР (мінус 5,50 м БС) буде становити приблизно 7 місяців (об'єм морських вод, що надійдуть до лиману – $54,17 \text{ млн. м}^3$), при початковому значенні рівня води в лимані мінус 7,00 м БС та солоності 365 г/дм^3 .

З урахуванням того, що будівництво з'єднувальної гідротехнічної споруди «море-лимани» (каналу чи трубопроводу) для забезпечення самопливної подачі морських вод в лиман з витратою $3 \text{ м}^3/\text{с}$ у сучасних умовах забудови та наземних і підземних комунікацій м. Одеси на пересипу між лиманом і морем коштувало б сотні мільйонів гривень, автором в 2012 р. було запропоновано використовувати існуючий зливовий каналізаційний залізобетонний трубопровід діаметром 1000 мм, довжиною 1170 м, з ухилом в сторону лиману $3,86 \text{ ‰}$, який міг забезпечити надходження самопливом морських вод до лиману з витратою води до $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ [5].

Крім цього, для попередження можливого різкого впливу морських вод на процес пелоїдогенезу в Куяльницькому лимані, поповнення його водами Чорного моря в початковий період (перший рік) бажано здійснювати поступово, тобто з рекомендованими витратами трубопроводу $1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Тому, надалі було здійснено моделювання середньорічних рівнів і мінералізації води лиману (рис. 5) при його поповненні до НПР = -5,5 м БС морськими водами, а також визначено їх об'єми та час подачі в лиман (рис. 6) з витратою до $1 \text{ м}^3/\text{с}$ (в умовах періоду з 1960 по 2010 рр.).

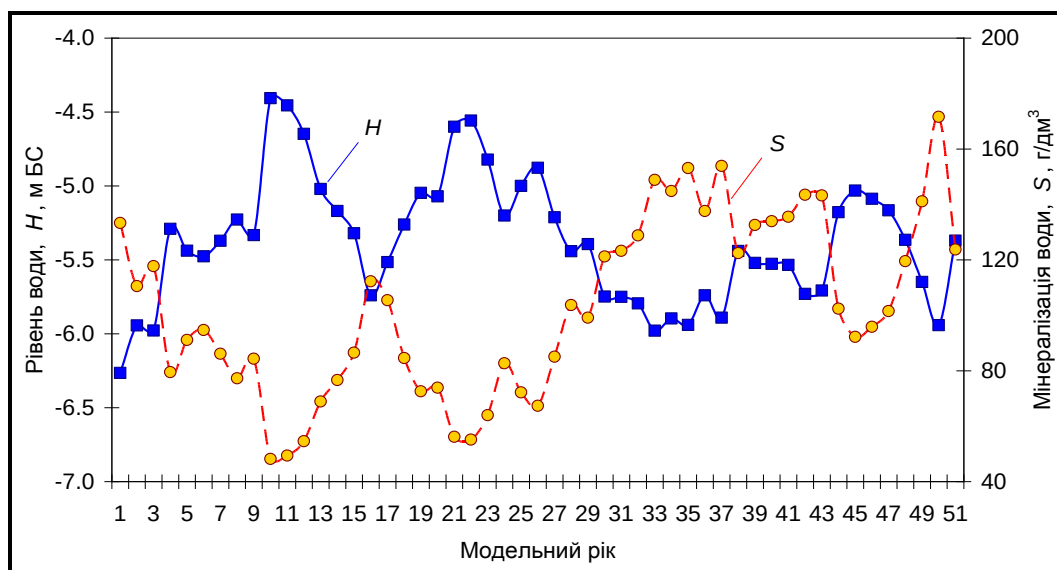


Рис. 5. Багаторічний хід можливих середньорічних значень рівнів та мінералізації води Куяльницького лиману, при поповненні лиману до НПР = -5,5 м БС водами Чорного моря з витратою води $1 \text{ м}^3/\text{с}$ (в умовах періоду з 1960 по 2010 рр.)

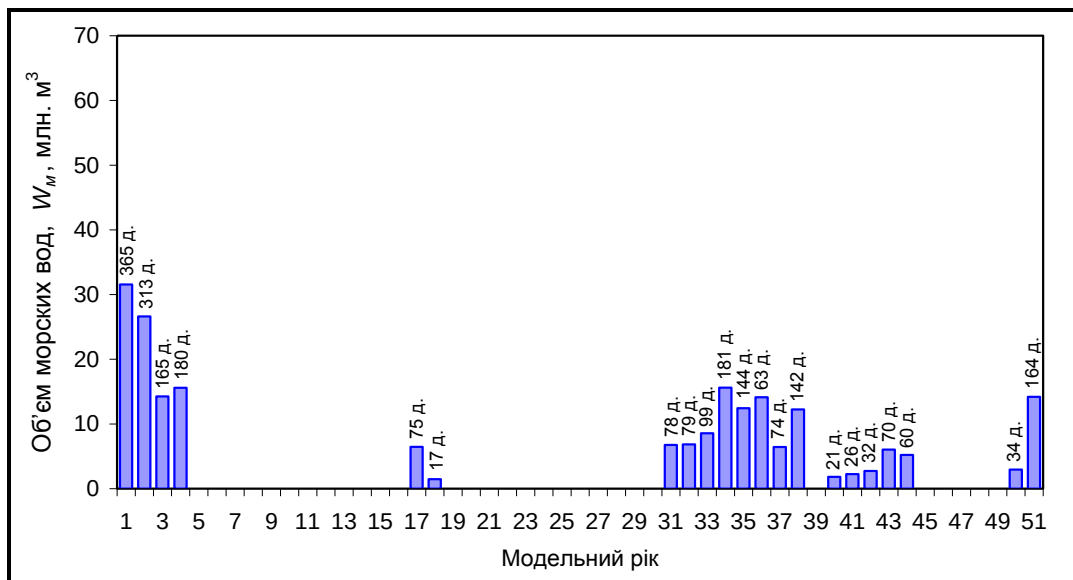


Рис. 6. Можливі щорічні об'єми та тривалість (цифри над стовпчиками) припливу води в Куяльницький лиман, при поповненні лиману до НПР = -5,5 м БС водами Чорного моря з витратою води $1 \text{ м}^3/\text{с}$ (в умовах періоду з 1960 по 2010 рр.)

Початковий рівень води лиману приймався рівним мінус 7,00 м БС, а солоність води – 365 г/дм^3 .

З рис. 5 видно, що при наповненні лиману морськими водами через трубу з пропускною здатністю (витратою) $1 \text{ м}^3/\text{с}$ середня багаторічна величина мінералізації ропи, як і при витраті припливу морських вод $3 \text{ м}^3/\text{с}$, буде дорівнювати 103 г/дм^3 , мінімальна мінералізація – 48 г/дм^3 (у роки з високою водністю), максимальна мінералізація – 172 г/дм^3 (у роки низької водності).

Таким чином, в обох випадках (як при $3 \text{ м}^3/\text{с}$, так і при $1 \text{ м}^3/\text{с}$) мінералізація ропи лиману знаходиться у межах сприятливих для лікувальних цілей, існування специфічних організмів лиману та створення лікувальної грязі.

Треба відмітити, що при поповненні лиману до НПР = -5,5 м БС морськими водами через трубу з пропускною здатністю (витратою) $1 \text{ м}^3/\text{с}$ в перші два роки приплив морських вод до лиману (рис. 6) повинен відбуватися безперервно на протязі майже 22,5 місяців (678 діб). В наступні роки, для поповнення лиману водами Чорного моря в рекомендований зимово-весняний період року, приплив морських вод з витратою $1 \text{ м}^3/\text{с}$ можна забезпечити впродовж 17-180 діб (0,5-6,0 місяців), в залежності від попереднього наповнення водойми.

В перший рік, при використанні існуючого трубопроводу з пропускною здатністю $1 \text{ м}^3/\text{с}$, наповнення лиману до НПР = - 5,5 м БС не відбудеться, і до водойми надійде 31,55 млн. m^3 морської води. Рівень води в Куяльницькому лимані зросте на 0,74 м, а відмітка рівня в кінці року складе мінус 6,26 м БС. Таке поступове зростання рівня води в лимані задовольняє попередженням бальнеологів про небажаний вплив морських вод на процес пелюдогенезу в Куяльницькому лимані, який може відбутися при його різкому поповненні водами Чорного моря в початковий період [5].

На другий рік припливу морських вод з витратою $1 \text{ м}^3/\text{с}$, в лиман за 313 діб надійде 26,61 млн. m^3 морських вод. Рівень води зросте лише на 0,32 м, але відмітка рівня води у водоймі в кінці року вже становитиме мінус 5,94 м БС.

У наступні роки поповнення Куяльницького лиману морськими водами до НПР = -5,5 м БС буде мати періодичний характер: тривалість їх від 2 до 8 років (з

об'ємами поповнення водами моря від 1,47 до 15,61 млн. м³); періоди від 1 до 12 років – коли не буде потреби в поповненні лиману водами моря.

Після проектування гідротехнічної споруди по з'єднанню Куяльницького лиману та Одеської затоки Чорного моря (у 2013-2014 рр.), проходження будівельної та екологічної експертизи (у 2014 р.) і будівництва (жовтень-грудень 2014 р.), 24 грудня 2014 р. відбувся офіційний запуск з'єднувального трубопроводу «море-лиман». На сьогодні, до лиману щосекунди йде приплив морських вод з середньомісячною витратою 1,15 м³/с, тому рівень води в лимані лише за один місяць (з 22 грудня 2014 р. по 22 січня 2015 р.) підвищився на майже на 12 см. Для контролю гідроекологічного режиму лиману, при його поповненні водами моря, Одеською обласною державною адміністрацією організовується комплексний екологічний моніторинг лиману (у тому числі, рівнів і мінералізації води) та стану і змін природних ресурсів водойми, в якому автор статті приймає безпосередню участь. Оцінка фактичного водно-сольового режиму лиману буде надана в наступній науковій статті в кінці 2015 року.

Висновки. Режим поповнення лиману морськими водами з припливом (витратою) 1 м³/с повністю задовольняє пропозиціям і вимогам бальнеологів, біологів та гідрохіміків, щодо плавного щорічного наповнення лиману морськими водами (не більш ніж на 1,0-1,5 м на рік), забезпечуючи створення умов для поступової адаптації екосистеми водойми до менш мінералізованих морських вод та упередження небажаного різкого впливу морських вод на процес пелюдогенезу в Куяльницькому лимані. Поповнення лиману морськими водами повинно проходити в зимово-весняні сезони року, для яких характерні: мінімальні значення випаровування з водної поверхні лиману, при яких ефективність наповнення буде максимальною; найбільша вітрова активність, яка буде сприяти інтенсивному водооновленню Одеської затоки чистими водами відкритого моря; низька температура води, яка буде обумовлювати мінімальні швидкості хіміко-біологічних процесів. Після підвищення рівня води в лимані до НПР (мінус 5,5 м БС) поповнення морськими водами можна буде припинити і забезпечити наступну їх подачу в листопаді-грудні, якщо рівень води буде нижчий НПР.

Список літератури

1. Оцінка багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману для розробки рекомендацій по збереженню його природних ресурсів: Звіт з НДР. Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2009. – 90 с. 2. *Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана: Отчёт о НИР.* Од. гос. ун-т им. И.И. Мечникова. – Одесса, 1995. – 190 с. 3. *Розенгурт М.Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. / М.Ш. Розенгурт – К.: Наук. думка, 1974. – 225 с. 4. *Бицилли М.В.* Годовой сток бассейна Куяльницкого лимана / М.В. Бицилли // Тр. Од. гидромет. ин-та. – 1958. – Т. XII. – С. 235-243. 5. Оцінка можливого альтернативного наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря, річки Дністер й інших лиманів і водних об'єктів: Звіт з НДР. Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2012. – 238 с. 6. *Гопченко Є.Д.* Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління водойми / Є.Д. Гопченко, О.М. Гриб. // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2010. – Вип. 51. – С. 200-215. 7. *Актуальні проблеми лиманів північно-західного Причорномор'я: Колективна монографія / За ред. Ю.С. Тучковенко, Є.Д. Гопченка.* – Одеса: ТЕС, 2012. – 224 с. 8. *Тимченко В.М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. / В.М. Тимченко – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с. 9. *Тимченко В.М.* Экологическая гидрология водоемов Украины: Монография. – К.: Наук. думка, 2006. – 384 с. 10. *Лиманы Северного Причерноморья / В.С. Полищук, Ф.С. Замриборщ., В.М. Тимченко и др.* – К.: Наук. думка, 1990. – 204 с.

Оцінка рівнів та мінералізації води Куяльницького лиману при його поповненні водами Чорного моря

Гриб О.М.

В статті розглядається можливий водно-сольовий режим Куяльницького лиману при його поповненні водами Чорного моря.

Ключові слова: Куяльник, рівні, мінералізація, Чорне море

Оценка уровней и минерализации воды Куяльницкого лимана при его пополнении водами Чёрного моря

Гриб О.Н.

В статье рассматривается возможный водно-солевой режим Куяльницкого лимана при его пополнении водами Чёрного моря.

Ключевые слова: Куяльник, уровни, минерализация, Чёрное море

The evaluation of levels and water mineralization of the Kuyal'nickiy liman when its replenishment waters of Black Sea

Grib O.M.

The paper discusses the water-salt model of Kuyal'nickiy liman under conditions of it's replenishing by of Black Sea water.

Keywords: liman Kuyal'nik, levels, salinity, Black Sea.

Надійшла до редколегії 19.01.2015

УДК 556.01

Шерстюк Н.П., Сердюк С. М.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ РІЧОК ІНГУЛЕЦЬ ТА САКСАГАНЬ

Ключові слова: важкі метали, клас якості води, шахтні води, міграційні властивості важких металів

Вступ. До початку ХХ ст. панувала думка про невичерпність та самовідновлюваність запасів прісної води, що урешті-решт призвело до значної деградації як світових, так і вітчизняних водних ресурсів, їх дефіциту, виснаженню і погіршенню якості [1]. Однією з гострих екологічних проблем, що стосуються гідросфери, стає забруднення басейнів малих річок, які через незначні площі водозборів є найбільш вразливими до впливу техногенезу [2]. Особливо небезпечними за впливом на екологічну систему водних об'єктів є важкі метали (ВМ), які належать до класу консервативних забруднюючих речовин, що не використовуються та не розкладаються при міграції по трофічних ланцюгах гідроекосистем, мають мутагенну та токсичну дію, їх надлишок знижує інтенсивність проходження біохімічних процесів у водних об'єктах. Вони є забруднювачами водойм зростаючого значення, що зумовлено стійкістю у навколишньому середовищі і високою біологічною активністю [3]. Регіональне забруднення малих річок ВМ обумовлює погіршення якості води в середніх і великих річках та створює серйозну небезпеку для здоров'я населення в багатьох регіонах України, збільшуючи ризик впливу на організм людини канцерогенних та мутагенних факторів [4].

Вихідні передумови. На даний час накопичена значна кількість інформації щодо знаходження у воді водних об'єктів ВМ (заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію). Моніторингові дослідження проводяться як на державному (Гідрометеоцентр України) та і на локальному рівнях (екологічні

служби областей, міст, окремих підприємств). Більшість висновків, що робляться при аналізі даних гідрохімічних спостережень, дозволяють оцінити основні тенденції у зміні загальної кількості певних елементів або перевищення їх вмісту у порівнянні із ГДК (гранично-допустимі концентрації). Окремі публікації [3,5] висвітлюють можливість ВМ, як і будь-яких інших компонентів природних вод, брати участь у гідрохімічних процесах (сорбція, комплексоутворення, осадження та інші).

Складною та мало вивченою є проблема форм знаходження та особливості міграції ВМ у поверхневих водах, особливо у районах найбільш уражених техногенезом, а саме гірничо-видобувних. На природні особливості гідролого-гідрохімічного водного об'єкту у цьому випадку накладаються зміни геохімії усього ландшафту [6].

Формулювання цілей статті, постановка завдання. Метою дослідження є виявлення закономірностей у накопиченні заліза, міді, цинку, хрому, марганцу, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді річок Інгулець та Саксагань. Для досягнення поставленої мети використовувалися методи хімічної термодинаміки та математичної статистики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні гідрохімічні дослідження частіше за все присвячуються аналізу, оцінці та прогнозуванню процесів формування хімічного складу вод. Цьому сприяє формулювання методологічного підходу до характеру зв'язку фізичних, хімічних, гідробіологічних процесів при формуванні хімічного складу поверхневих вод. Воно сформульоване наступним чином: у гідрохімії всі процеси визначаються кількісними законами точних наук, а зовнішнє природне середовище (фізико-географічні, ґрунтово-кліматичні, геоморфологічні умови) визначає граничні умови перебігу цих процесів [3]. До цього формулювання доцільно зараз включити, як граничні умови перебігу гідрохімічних процесів, не тільки «природне середовище», а й потужний техногенний чинник.

Водні об'єкти, що досліджуються (рр. Інгулець та Саксагань), досить детально розглянуті у публікаціях [6, 7]. Найбільш важливим для даного дослідження є те, що ці річки протікають на території Криворіжжя в умовах активному видобутку та збагачення залізної руди, їх гідролого-гідрохімічний режим суттєво змінений будівництвом водосховищ (Макортівське та КРЕСівське – на Саксагані, Карачунівське – на Інгульці), скидом високомінералізованих шахтних вод.

Річка Саксагань протікає по території м. Кривий Ріг з півночі на південь, є водозбором усіх видів зливових і стічних вод. Необхідно відзначити, що в межі Криворіжжя річка приходить уже відчуваючи на собі значне техногенне навантаження від потужних промислових об'єктів таких як Вольногірський гірничо-збагачувальний комбінат. На території Криворіжжя у р. Саксагань скидаються розведені у хвостосховищі Північного гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК) високомінералізовані шахтні стічні води від північної групи рудників (до 44 г/дм³).

Річка Інгулець, у верхній течії, протікає по території Кіровоградської області і відчуває на собі певне техногенне навантаження. Протягом 15 км течії р. Інгулець по Кривому Розі, в неї надходять води річки Саксагань, промислові стічні води металургійного, коксохімічного й гірничо-цементного комбінатів, а також двох ГЗК - Південного й Ново-Криворізького. Загалом в 2013 р. у рр. Саксагань та Інгулець скинуто 17,5 млн. м³ стічних вод без очищення [5]. Відповідно до розпорядження Кабміну України, також було дозволене скидання надлишку промислових шахтних вод зі ставка-накопичувача Криворізького басейну в річку Інгулець. Скидання відходів дозволене в період з 1 листопада 2014 р. по 1 березня 2015 р. В 2013 році було скинуто в річку із ставка-накопичувача у балці Свистунова 12,7 млн.

м³ води з мінералізацією до 38 г/дм³. Шахтні води, що скидаються в р. Саксагань та р. Інгулець не очищуються через відсутність економічно вигідних способів очищення. Це ще більш загострює гідроекологічні проблеми регіону. Останніми дослідженнями [8] у шахтних водах виявлені стронцій, манган, титан, мідь, срібло, нікель, хром, свинець, кобальт і цинк, що дає змогу передбачати їх присутність у річкових водах. Тому проведене наукове дослідження своєчасне та актуальне.

Оцінка поверхневих водних об'єктів за вмістом ВМ II класу небезпеки (свинцю, кобальту, кадмію) та III класу небезпеки (заліза, міді, цинку, хрому, мангану, нікелю) за період з 2006 по 2013 рр. проводилась за результатами гідрохімічних спостережень Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області по чотирьох пунктах спостережень на р. Саксагань та по п'яти – на р. Інгулець. (рис. 1).

Попередній аналіз гідрохімічної інформації за період від 2006 до 2013 рр. дозволив виявити загальні закономірності у знаходженні вище названих металів у воді рр. Саксагань та Інгулець за пунктами спостережень:

1) закономірно збільшується середній вміст більшості ВМ, що досліджуються, за течією річок;

2) перевищень вмісту жодного елементу над ГДК для питних цілей не спостерігається;

3) у переважній більшості усереднених значень хімічних аналізів проб води спостерігається перевищення норм ГДК для рибогосподарських цілей (окрім вмісту Fe³⁺ пп. 1-Ін ... 4-Ін та пп. 1-С, 2-С, 4-С у 2010, 2011 рр.).

Проведена комплексна оцінка якості вод рр. Саксагань та Інгулець, що дозволяє більш повно оцінити стан якості річкової води у просторі та часі при стандартному наборі моніторингових показників якості (середньостатистичних фактичних концентрацій заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію, розчинного кисню та БСК₅) за індексом забруднення вод (ІЗВ). Результати розрахунків ІЗВ поверхневих вод рр. Саксагань та Інгулець по створах та клас якості річкової води зведені до таблиці 1.

Табличні дані свідчать про просторово-часову негативну динаміку змін якості досліджуваних річкових вод від класу «помірно забруднених» до «забруднених» та загальне погіршення гідроекологічного стану рр. Саксагань та Інгулець.

Попередня оцінка забруднення водотоків ВМ у просторі та часі є необхідною для подальшого ґрунтового аналізу специфіки їх впливу на біотичну складову гідроекосистем та можливості останніх до самоочищуючої здатності. Першочергове значення має вплив ВМ на різні сукупності фітопланктону, який представляє собою початкову ланку харчових ланцюгів, так як він є первинним продуцентом органічної речовини у водній екосистемі. Досліджувані метали негативно впливають на процес фотосинтезу у водоростей, а також відповідно на кількість виділеного ними кисню.

Як свідчать результати гідрохімічних спостережень Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області концентрація кисню у річкових водах Саксагані та Інгульця у більшості створах знизилася чи осталася незмінною. Це підтверджує факт збільшення забрудненості даних гідроекосистем та їх нестабільний стан, зниження можливості їх до самоочищення та самовідновлення.

З теоретико-аналітичних позицій розглянемо загальні риси можливого токсичного впливу деяких металів на гідробіоти рр. Саксагань та Інгулець.

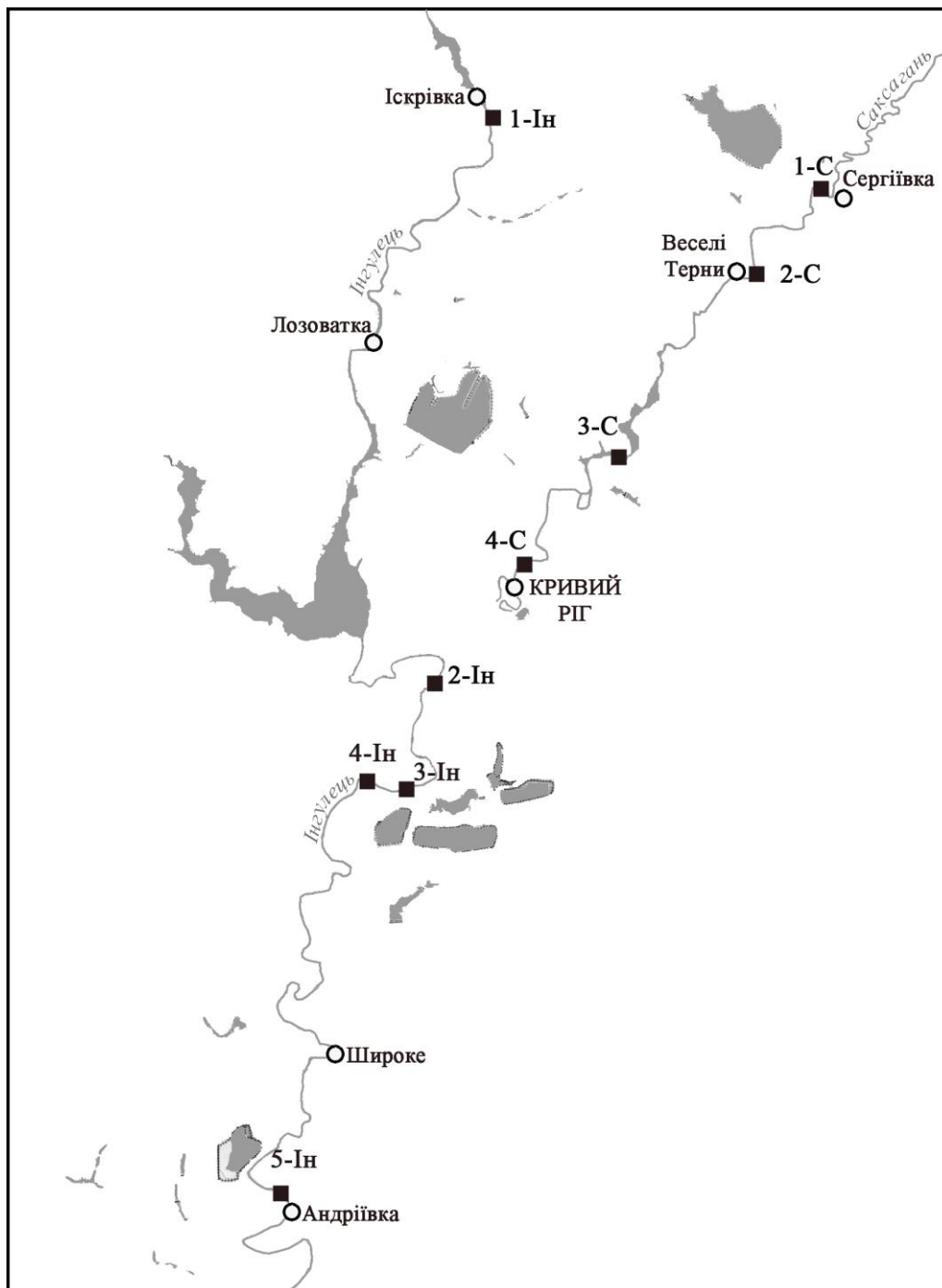


Рис. 1. Картосхема розташування водних об'єктів і пунктів спостереження на них у районі Криворізького залізорудного басейну

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

Мідь – високотоксичний метал для багатьох водоростей. Інгібування їх зросту спостерігається, як правило, при концентрації понад $0,1 \text{ мг/дм}^3$ не залежно від виду водяної рослинності. Тому можна очікувати ефект пристосованості до міді річкових водних рослин Саксагані та Інгульця. Це може призвести до збільшення накопичення міді у ланцюзі харчування у забруднених водних системах. Мідь для

Таблиця 1. Забрудненість річкових вод Саксагані та Інгупця за показником ІЗВ та їх клас якості

Місце відбору проб (№ створу)	Розраховане значення ІЗВ		Стандартизована величина ІЗВ	Клас якості		Текстовий опис	
	2006 р.	2012 р.		2006 р.	2013 р.	2006 р.	2013 р.
р. Саксагань							
1. с. Сергіївка, в межах н.п.	2,5	2,43	1-2,5;	IV	III	помірно забруднена	помірно забруднена
2. с. Веселі Терни, в межах н.п	2,38	2,34	1-2,5	III	III	помірно забруднена	помірно забруднена
3. м. Кривий Ріг, в межах міста нижче греблі КРЕСівського вдсх.	2,41	2,6	1-2,5; 2,5-4	III	IV	помірно забруднена	забруднена
4. в межах міста, 5 км вище впадіння в р. Інгупець	2,47	2,39	1-2,5	III	III	помірно забруднена	помірно забруднена
р. Інгупець							
1. с. Іскрівка, в межах н.п., 200 м нижче греблі Іскрівського вдсх.	2,04	2,23	1-2,5	III	III	помірно забруднена	помірно забруднена
2. в межах м. Кривий Ріг, 500 м нижче впадіння р. Саксагань	2,14	2,55	1-2,5; 2,5-4	III	IV	помірно забруднена	забруднена
3. в межах міста, вище скидів по б. Грушовата	2,36	2,45	1-2,5	III	III	помірно забруднена	помірно забруднена
4. в межах міста, нижче скидів по б. Грушовата	2,17	3,1	1-2,5; 2,5-4	III	IV	помірно забруднена	забруднена
5. с. Андріївка, в межах н.п.	2,47	2,73	1-2,5; 2,5-4	III	IV	помірно забруднена	забруднена

прісноводних риб зазвичай більш токсична, ніж інші токсичні метали, за виключенням ртуті. Значення LC_{50} (смертельної концентрації, яка спричиняє загибель 50% піддослідних організмів) коливається від 0,017 до 1,0 мг/дм³. Зафіксовані концентрації міді у воді Саксагані та Інгульця відносяться до сублетальних доз (0,02-0,2 мг Cu/ дм³) та можуть обумовлювати зниження виживаності та темпів репродукції різних видів прісноводних риб.

Токсичність цинку для водних рослин різна. LC_{50} розпочинається від 0,0075мг/дм³ до 50 мг/дм³. Тому можна очікувати, що більшість річкових водних рослин зможуть адаптуватися до наявного цинку у воді. Зафіксовані концентрації цинку у річкових водах Саксагані та Інгульця (менше ніж 0,09 мг/дм³) не є токсичними для риб. Також мідь та кадмій більш токсичні для риб, ніж цинк. При спільній дії цинку та кадмію, цинку та міді притаманний синергізм.

В різних умовах нікель менш токсичний для водних рослин ніж мідь, кадмій, але більш токсичний, ніж свинець та цинк. Як правило, суттєве зниження інтенсивності фотосинтезу та темпів росту водних рослин відмічається при його вмісті 0,1-0,5 мг/дм³. Наявні концентрації нікелю у воді рр. Саксагань та Інгулець значно менші за вище вказані, тому можна вважати за вмістом нікелю, що гідроекологічні умови цих річок не є токсичними для водної рослинності. Зафіксовані помірні концентрації нікелю у воді Саксагані та Інгульця (від 0,03 мг/дм³ й вище) можуть знижувати плодючість та темпи репродукції прісноводних риб.

Гострий та токсичний вплив свинцю на водяну рослинність виявляється при концентраціях біля 0,1-5,0 мг/дм³. Тому можна очікувати адаптованість та толерантність до наявного у воді свинцю водної рослинності рр. Саксагань та Інгулець. У рибі свинець акумулюється мало, тому для людини в цій ланці трофічного ланцюгу він відносно безпечний.

Закономірно постало завдання вивчення джерел надходження ВМ у воду рр. Саксагань та Інгулець. Для цього проведений аналіз однорідності вибірок ВМ та оцінена їх приналежність до однієї генеральної сукупності (табл. 2,3). Розрахунки виконані з використанням програмного забезпечення ISW 4.4. Special Edition for School (Статистический анализ интервальных наблюдений одномерных непрерывных случайных величин), авторів Лемешко Б.Ю., Постовалов С.Н., яке знаходиться в мережі Internet у вільному доступі. Оцінка однорідності проводилась за критеріями Лемана-Розенблата та Смірнова за умови рівня значимості більше 0,54.

По р. Саксагань виявлено, що ВМ у пробах води з пп. 1-С та 2-С належать до однієї генеральної сукупності. У п. 3-С, нижче греблі КРЕСівського водосховища, вибірки є найбільш неоднорідними, що свідчить про те, що водосховище внаслідок особливостей гідрологічного режиму є механічним геохімічним бар'єром.

Таблиця 2. Результати перевірки однорідності вмісту у воді ВМ по пунктах спостережень на р. Саксагань

	Пункт 2-С									Пункт 3-С									Пункт 4-С								
	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd
1	++	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+
2										-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
3																			-	+	+	-	+	+	+	-	-

Примітка. * Прийнято: «+» - вибірки однорідні; «-» - вибірки неоднорідні.

Таблиця 3 Результати перевірки однорідності вмісту у воді ВМ по пунктах спостережень на р. Інгулець

	Пункт 2-Ін								Пункт 3-Ін								Пункт 4-Ін								Пункт 5-Ін												
	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	
1	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+
2										+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
3																			-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
4																												+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Досліджені особливості сумісного знаходження ВМ у воді р. Саксагань. Виявлено стійку однорідність по усіх пунктах спостережень для **міді та кобальту**, у трьох пунктах спостережень (пп.2-С, 3-С, 4-С) однорідними є **хром та кобальт**. У п. 2-С однорідними є **хром, кобальт та мідь**.

По р. Інгулець з п. 5-Ін (с. Андріївка) однорідними виявилися проби води відібрані у пп. 2-Ін, 3-Ін, 4-Ін. У пункті спостереження 1-Ін, що знаходиться нижче греблі Іскрівського водосховища, у пробах води фіксується специфічний вміст ВМ, що пов'язано з наявністю Іскрівського водосховища у яке надходить дніпровська вода. У свою чергу Карачунівське водосховище, як і для р.Саксагань КРЕСівське, є механічним геохімічним бар'єром. Крім того, однорідними є вибірки по пп.2-Ін та 3-Ін, що обумовлене надходженням води з р. Саксагань. У свою чергу скиди стічних вод по б. Грушовата обумовлюють неоднорідність за вмістом заліза у п.4-Ін з пп. 1-Ін, 2-Ін, 3-Ін. Що стосується виявлення однорідних вибірок між ВМ, то по р. Інгулець виявлені такі особливості: однорідними по усіх пунктах спостережень є **хром та кобальт**; **мідь та нікель** є однорідними по пп.2-Ін, 3-Ін, 4-Ін, 5-Ін.

Порівняні вибірки ВМ у пробах води з пунктів спостережень 4-С (р.Саксагань) та 2-Ін (р. Інгулець, 500м нижче впадіння р. Саксагань) дозволили виявити однорідність по більшості металів, окрім хрому та кадмію. Це свідчить, що канал, по якому р. Саксагань впадає у р. Інгулець, не є механічним геохімічним бар'єром. Також аналіз виявленої генеральної сукупності дозволяє зробити висновок про особливість надходження хрому та кадмію у р.Інгулець через вплив Центрального гірничо-збагачувального комбінату, який розташований у верхній течії річки, поблизу с. Лозоватка (див. рис. 1).

Отже, перевірка однорідності вибірок ВМ по рр. Саксагань та Інгулець дозволила виявити приналежність до однієї генеральної сукупності пар елементів, як по усіх пунктах спостережень, так і на окремих ділянках річок. Знайдені закономірності дозволяють стверджувати, що надходження міді та кобальту у р. Саксагань, хрому та кобальту у р. Інгулець пов'язане із скидом у них шахтних вод, які вміщують ці компоненти.

Наступне завдання, яке було вирішене в даному дослідженні – виявлення особливостей міграції ВМ, що обумовлюють певну синхронність у їх накопиченні у воді рр. Саксагань та Інгулець. Для цього використовувався кореляційний аналіз, а саме, коефіцієнт кореляції, який розрахований за допомогою Excel.

За результатами розрахунків всі ВМ, що досліджувались, можна поділити на дві групи: до першої відносяться ті ВМ, які дають позитивний значимий коефіцієнт кореляції: мідь, цинк, хром, манган, свинець; до другої групи віднесені елементи, які мають негативний значимий коефіцієнт кореляції з елементами першої групи, але мають позитивний кореляційний зв'язок між собою: свинець, нікель, кобальт, кадмій. Треба зауважити, що вміст свинцю у пробах води має позитивний і негативний кореляційний зв'язок з іншими елементами як першої, так і другої групи

в різних пунктах спостереження по річках. Тобто можна вважати, що він має проміжні властивості. Також залізо не може бути віднесене до жодної з груп, бо має частіше за все поодинокий позитивний зв'язок з елементами другої групи (пп. 1-Ін та 2-Ін) та негативний – з елементами першої групи (пп. 3-Ін, 4-Ін, 5-Ін). Стійкий позитивний значимий коефіцієнт кореляції по р. Саксагань мають **хром та мідь, кадмій та кобальт**. По р. Інгулець також позитивний коефіцієнт кореляції мають **хром та мідь, нікель та кобальт**.

Для аналізу особливостей міграції, що обумовлюють тісний кореляційний зв'язок між певними металами використані методи хімічної термодинаміки, а саме, діаграми Eh – рН (діаграми Пурбе) ([9,10] та інші джерела). За рекомендацією авторів Атласу для подальшого аналізу використані діаграми SUPCRT/FLASK-AQ та LLNL/GWB, як найбільш поширені у геохімії.

Розглянемо особливості знаходження ВМ у воді, які були віднесені до першої групи: мідь, цинк, хром, манган, свинець.

Мідь знаходить у іонному вигляді лише за низьких значеннях рН (до 7,0). За лужних умов, які притаманні воді рр. Саксагань ($pH_{сер} = 8,0$) та Інгулець ($pH_{сер} = 7,7$) [6], мідь може знаходитись лише у зв'язаному вигляді (CuO).

Хром за окисних умов та рН менше 4 знаходить у воді у вигляді Cr^{3+} . Тобто досить сильний кореляційний зв'язок між міддю та хромом обумовлений саме обмеженнями їх міграції у іонному вигляді у водному середовищі річок високими значеннями рН.

Цинк за рН до 7,8 може бути у водному розчині у вигляді Zn^{2+} . Хоча, у навчальному посібнику [11] автори наводять діаграму Eh – рН для цинку з якої випливає, що цинк в іонному вигляді знаходиться до рН=5.

Манган до межі рН=10,5 може знаходитись у вигляді іонів Mn^{2+} . Однак, як показано у [12], манган за наявності у воді кремнезему є рівноважним у системі $Mn - CO_2 - SiO_2 - H_2O$ у вигляді з'єднання $MnSiO_3$ (родоніт), яке є стійким у межах рН=6,7 – 10,2. Найбільш імовірним для поверхневих вод є саме утворення родоніту, що обмежує міграцію мангану у вигляді іонів до рН=6,7.

Свинець до рН=6,2 може перебувати у водному розчині у вигляді іону Pb^{2+} . За наявності у воді вуглекислого газу (CO_2) [10] у іонному вигляді свинець може знаходитись до рН=7,8, вище цього значення свинець утворює $PbCO_3$ (церусит). Оскільки поверхневі води є відкритою системою, то надходження вуглекислого газу необмежене і найбільш імовірним буде утворення карбонату свинцю. Тобто міграційні властивості свинцю у поверхневих водах обмежені кислотно-лужним показником та наявністю вуглекислого газу у воді.

До другої групи були віднесені такі елементи: нікель, кобальт, кадмій. Нікель знаходиться у вигляді іонів Ni^{2+} до значень рН=9,5 ((10,5) за різними діаграмами). Кобальт до рН=9,2 знаходить у іонному вигляді Co^{2+} (в цьому подібний до нікелю). За умови наявності значної кількості карбонатних компонентів (більше $10^{-1,5}$) може утворюватися $CoCO_3$ [10], або при досить високих значеннях рН (тут кобальт подібний до свинцю). Кадмій знаходиться у вигляді іону до досить високих значень рН (рН=10). За [5] при рН ≥ 8 концентрація кадмію (II) контролюється твердою фазою $CdCO_3$, що також робить його міграцію подібною до свинцю.

Отже, ВМ, які були віднесені до другої групи (нікель, кобальт, кадмій) можуть знаходитись у поверхневих водах в іонному вигляді за кислотно-лужних умов, які притаманні воді рр. Саксагань та Інгулець, що їх суттєво відрізняє від іонів першої групи.

Залізо не виявляє подібності у поведженні з елементами першої та другої груп. На зведеній діаграмі заліза [10] поле тривалентного заліза обмежене, воно знаходиться у дуже кислих та сильно окисних умовах, які практично не

зустрічаються у поверхневих водах, що суттєво вирізняє його від ВМ першої та другої груп. Також особливим є те, що форми знаходження заліза у воді залежать як від рН, так і від Eh умов. Для інших ВМ форми їх знаходження залежать лише від рН умов.

Висновки. Проведено комплексний аналіз накопичення ВМ (заліза, міді, цинку, хрому, мангану, нікелю, свинцю, кобальту, кадмію) у рр. Інгулець та Саксагань. Виявлено:

- закономірно збільшується вміст у воді майже усіх ВМ за течією річок;
- загальну просторово-часову негативну динаміку змін якості річкових вод та погіршення гідроекологічного стану Інгульця та Саксагані;
- специфіку впливу металів на біотичну складову досліджуваних гідроекосистем та можливості останніх до самоочищуючої здатності та самовідновлювальності;
- основне техногенне джерело надходження ВМ (хрому, кобальту, міді) у воду річок – шахтні води, що скидаються мало очищеними та неочищеними;
- особливості міграційних властивостей ВМ, що дозволило поділити їх на дві групи: мідь, цинк, хром, манган, свинець та нікель, кобальт, кадмій, окремо розглядається залізо.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на виявлення сформованих геохімічних аномалій у системі «поверхневі води – донні відклади» та оцінку особливостей міграції ВМ по сезонах у воді рр. Інгулець та Саксагань.

Запропонований методологічний підхід до вивчення міграції ВМ у поверхневих водах із застосуванням методів хімічної термодинаміки та математичної статистики дозволяє застосовувати його до інших річок.

Список літератури

1. Водне господарство в Україні / за ред. А.В. Яценка, В.М. Хорєва. - К. : Генеза, 2000. - 456 с.
2. Хільчевський В.К. Еколого-гідрохімічна оцінка поверхневих вод басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, Р.В.Хільчевський, М.С. Гороховська // Меліорація і водне гос-во. - 1998. - Вип. 85. - С. 88-95.
3. Осадчий В.І. Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України : Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.07 / Осадчий Володимир Іванович; КНУ ім. Тараса Шевченка. – Київ, 2008. – 21 с.
4. Мислива Т.М. Важкі метали у водах малих річок і боліт Житомирського полісся / Т.М. Мислива, І.С. Кот // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – Ж., 2011. – № 2 (29) том 1. – С. 58-67.
5. Линник П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 273 с. .
6. 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.
7. Хільчевський В.К. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу / В.К. Хільчевський, Р.Л. Кравчинський, О.В. Чунарьов. – К.: Ніка-Центр, 2012. – 180 с.
8. Тяпкин О.К. Некоторые аспекты улучшения геологической обстановки Криворожского региона (Центральная Украина) / О.К. Тяпкин, Н.С. Остапенко, И.Н. Подрезенко, Л.В. Бондаренко, В.А. Кириченко // 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.
9. Atlas of Eh-pH diagrams. – National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. – Naoto, 2005. – 287 p.
10. Гаррелс Р.М. Растворы, минералы, равновесия / Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст. – М.: Мир, 1968. – 365 с.
11. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. – Изд-во: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
12. Салихов Д.Н. Термодинаміка

равновесий рудных минералов марганца / Д.Н. Салихов, Г.И. Беликова, Е.В. Сергеева // Геологический сборник № 2. Юбилейный выпуск / ИГ УНЦ РАН. Уфа, 2001. – С.163 – 167.

Результати дослідження вмісту важких металів у воді річок Інгулець та Саксагань

Шерстюк Н.П., Сердюк С. М.

Розглянуті особливості впливу на гідроекосистему, джерела надходження та міграційні форми заліза, міді, цинку, хрому, марганцу, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді рр. Інгулець та Саксагань.

Ключові слова: важкі метали, клас якості води, шахтні води, міграційні властивості важких металів.

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в воде рек Ингулец и Саксагань

Шерстюк Н.П., Сердюк С. Н.

Рассмотрены особенности влияния на гидроекосистему, источники поступления и миграционные формы железа, меди, цинка, хрома, марганца, свинца, никеля, кобальта, кадмия в воде рр. Ингулец и Саксагань.

Ключевые слова: тяжелые металлы, класс качества воды, шахтные воды, миграционные свойства тяжелых металлов.

Results of the study of heavy metals in water rivers Ingulets and Saksagan

Sherstyuk N.P., Serduk S.N.

The features of influence on gidroekosystems, sources of income and migration forms of iron, copper, zinc, chromium, manganese, lead, nickel, cobalt, cadmium in water rivers Ingulets and Saksagan.

Keywords: heavy metals, a class of water quality, mine water, migratory properties of heavy metals.

Надійшла до редколегії 05.02.2014

УДК 911.2: 577.4: 502.72

Ганущак М. М., Тарасюк Н. А.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ Р. СТИР

Ключові слова: басейнова система, гідрохімічні показники, сольовий склад річкових вод, якість поверхневих вод, джерела забруднення

Постановка наукової проблеми та її значення. Характерною ознакою розвитку людського суспільства в межах басейнів річок є зростання антропогенного впливу, який особливо посилюється в ХХ ст. Антропогенного впливу зазнають всі складові басейнових систем, особливо поверхневі води, що виступають індикатором їх стану. Покомпонентне дослідження хімічного складу вод р. Стир під впливом найбільшого промислового центру басейну, м. Луцьк, дало змогу встановити, що діяльність людини по-різному впливає на кожен з хімічних показників, подекуди збільшуючи їх концентрацію в рази, в інших випадках, практично не змінюючи її. Таке дослідження не дає можливості оцінити загальний стан якості поверхневих вод всієї досліджуваної території. В зв'язку з цим особливої актуальності набуває загальна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир.

Аналіз останніх досліджень з цієї проблеми. Загальний аналіз та оцінка екологічного стану поверхневих вод річок Волині подані у дослідженнях А.В. Яцика (1991) та І.В. Гопчака (2009). Дослідженням поверхневого стоку та антропогенного впливу на гідрохімічні особливості річки Стир знаходимо в роботах Мольчака Я.О. (1989, 2003), Фесюка В.О. (1999) [1]. Гідрохімічна індикація ландшафтної

обстановки водозборів на території Білоруської частини басейну розглядається в монографії Кадацької О.В. [2], а сучасні зміни водних ресурсів на Білоруській території, зокрема, басейну Прип'яті вивчали Логінов В.Ф., Волчек А.А., Парфомчук С.І. [3].

Мета роботи – оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир.

Матеріали і методи. При дослідженні використовувався метод ключових точок. Передусім, було визначено точки, найбільш забезпечені репрезентативною гідрохімічною інформацією. Інформаційною базою дослідження слугували відповідні матеріали Держуправління охорони навколишнього природного середовища у Волинській, Рівненській, Львівській та Тернопільській областях, результати аналізів проб води р. Стир, отримані упродовж 2005-2011рр. У процесі роботи було використано також картографічний, аналітичний та порівняльний методи, що дало можливість для комплексного підходу до вивчення проблеми.

Виклад основного матеріалу і результати дослідження. Оцінка якості поверхневих вод дає інформацію про воду, як складову басейнової системи, середовище життя гідробіонтів та важливу частину середовища життя людини.

Оцінка якості вод в межах басейну р. Стир проведена згідно «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (2012 р.), розробленої Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем (УкрНДІЕП) [4]. Характеристика якості водних об'єктів, згідно методики, здійснюється на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод, до складу якої входять гідрофізичні, гідрохімічні, гідробіологічні, бактеріологічні показники, що відображають особливості певних водних систем, в нашому випадку басейнової системи р. Стир. Система екологічної класифікації якості поверхневих вод суші включає дві підсистеми: класифікацію за біологічними показниками та класифікацію за фізико - хімічними та хімічними показниками. В нашому дослідженні ми використали хімічну класифікацію.

Згідно єдиних екологічних критеріїв класифікації якості поверхневих вод їх поділяють на п'ять класів та сім категорій [4] (табл. 1).

На початковому етапі оцінки якості поверхневих вод конкретні гідрофізичні та гідрохімічні показники, порівнюючи їх з еталонними, відносять до окремих класів і категорій якості. Пізніше узагальнюють класи та категорії якості вод за окремими групами показників, а згодом і блоками.

Хімічна класифікація якості поверхневих вод включає три блоки:

- оцінку якості вод за критеріями сольового складу (величиною загальної мінералізації, електропровідності, вмісту сульфатів та хлоридів);
- оцінку якості вод за хімічними трофо-сапробіологічними критеріями (показниками кисневого режиму, вмістом органічних речовин та сполук біогенних елементів, загальних показників);
- оцінку якості вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії.

Наостанок, визначають об'єднану оцінку якості вод певного водного об'єкта. Виконана сумарна екологічна оцінка якості вод конкретного водного об'єкта полягає в обчисленні інтегрального екологічного індексу I_E , який визначають за формулою [4]:

$$I_E = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}, \quad (1)$$

де I_1 – індекс забруднення води компонентами сольового складу; I_2 – індекс трофо-сапробіологічних показників; I_3 – індекс специфічних показників токсичної дії.

Таблиця 1. Класи та категорії якості поверхневих вод [4]

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості води	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні
Сапробність	Олігосапробні		β -мезосапробні		α -мезосапробні		Полісапробні
	β -олігосапробні	α -олігосапробні	β -мезосапробні	β -мезосапробні	α -мезосапробні	α -мезосапробні	Полісапробні
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні
	Оліготрофні-оліго-мезотрофні	Мезотрофні	Мезо-евтрофні	Евтрофні	Евполітрофні	Політрофні	Гіпертрофні

Дана методика застосовується для визначення якості всіх поверхневих вод суші та естуарій України і проводиться з врахуванням гіdroхімічного районування території України. Саме тому ми вважаємо її найбільш прийнятною. При визначенні якості поверхневих вод басейну р. Стир, проведено аналіз даних на всіх 37 пунктах спостережень, розміщених, як на р. Стир так і на семи її притоках: р. Іква, р. Слонівка, р. Жабичі, р. Серна, р. Гнила Липа, р. Пруднік, р. Черногузка. Для аналізу вибрано вісім хімічних компонентів, спостереження за динамікою яких проведено у всіх пунктах, які знаходяться поблизу потенційно небезпечних промислових підприємств, міст, а також на межі адміністративних областей.

Результати обробки та аналізу даних подано в таблиці 2. Встановлено, що якість поверхневих вод басейну р. Стир належать до третьої (II клас) та четвертої (III клас) категорії якості, тобто до добрих та задовільних вод, що за ступенем чистоти відповідає досить чистим чи слабо забрудненим.

За показниками загальної якості поверхневих вод басейну р. Стир, басейн умовно можна поділити на дві частини: слабо забруднене верхів'я (модальні ділянки Вороняки, Мале Полісся) та середня течія басейну (Волинське Опілля), та досить чисте пониззя (Передполісся, Полісся) (рис. 1).

Такі відмінності у класах якості води спричинені рівнем антропогенної освоєності різних частин басейну. Підтвердженням цього є те, що на притоках р. Стир у створах нижче промислових підприємств, чи очисних споруд якість води, як правило, нижча ніж у створах, що розміщені вище по течії. Такі відмінності спостерігаємо і у р. Жабичі, що спричинено стоками Демидівського консервного

заводу, у р. Серна – стоками ВАР «Волиньхолдінг», у р. Гнила Липа – випуском недостатньо-очищених зворотніх вод ВАР „Горохівський цукровий завод”, у р. Чорногузка – випуском стічних вод ВАР „Гнідавський цукровий завод”. Більш суттєві відмінності якості поверхневих вод басейну спостерігаємо по окремих блоках та групах гідрохімічних показників.

Більш суттєві відмінності якості поверхневих вод басейну спостерігаємо по окремим блокам та групам гідрохімічних показників.

Таблиця 2. Комплексна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир

Місце спостереження за якістю води	Блок показників сольового складу			Блок показників трофо- сапробіологічного складу				Блок показ- ників специ- фічно- го складу	Категорія якості вод	Клас якості вод
	Мінералізація	Сульфати	Хлориди	Завислі речовини	Азот амонійний	Нітрати	БСК ₅	Залізо		
Категорія якості вод / Клас якості вод										
р. Стир, с. Мерва, Горохівського району	3 / II			4 / III				4 / III	4	III
	2	2	4	1	4	5	4			
р. Стир, смт. Берестечко, Горохівського району, кордон з Рівненською областю	3 / II			4 / III				4 / III	4	III
	2	2	4	2	4	6	4			
р. Стир, в межах смт.Берестечко вище впадіння р. Пляшівка, на межі з Волинською обл.	4 / III			3 / II				4 / III	4	III
	4	3	4	1	2	6	4			
водосховище Хрінницьке, Демидівського р-ну, з греблі	3 / II			3 / II				4 / III	3	II
	3	2	5	1	2	5	4			
р. Стир, в межах села Нове Млинівського р-ну, 1,2 км нижче впадіння р. Іква	4 / III			3 / II				4 / III	4	III
	4	3	4	1	2	4	4			
р. Стир, вище випуску КОС підприємства „Луцькводоканал”	4 / III			3 / II				4 / III	4	III
	2	5	4	2	3	4	4			
р. Стир, нижче випуску КОС підприємства „Луцькводоканал”	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	2	5	5	2	6	4	5			
р. Стир, с. Козлиничі Маневицького району, кордон з Рівненською областю	4 / III			3 / II				2 / II	3	II
	2	5	4	1	2	3	4			
р. Стир в районі с. Полонне Володимирецького р-ну, 1 км вище скиду промислово- зливної каналізації Рівненської АЕС	4 / III			3 / II				2 / II	3	II
	3	6	4	1	4	4	4			

р. Стир, нижче с. Полонне Володимирецького р-ну, нижче скиду промислово – зливової каналізації Рівненської АЕС	4 / III			4 / III				2 / II	3	II
	3	6	4	1	5	4	4			
р. Стир, в межах с. Бабка Володимирецького р-ну, вище скиду о/с Кузнецовського МКП	4 / III			3 / II				1 / I	3	II
	3	6	4	1	4	4	4			
р. Стир, нижче с. Бабка Володимирецького р-ну, нижче скиду о/с Кузнецовського МКП	4 / III			3 / II				1 / I	3	II
	3	6	4	1	4	4	4			
р. Стир, в межах с. Сопачів Володимирецького р-ну, нижче скиду о/с Кузнецовсько- го МКП	4 / III			3 / II				1 / I	3	II
	3	6	4	1	3	4	4			
р. Стир, в межах смт Зарічне, 0,2 км вище скиду о/с ВКП "Зарічне"	4 / III			3 / II				2 / II	3	II
	3	6	4	1	3	4	4			
р. Стир, в межах смт Зарічне, 0,5 км нижче скиду о/с ВКП "Зарічне"	4 / III			4 / III				2 / II	3	II
	3	6	4	1	5	4	4			
р. Стир, с. Іванчиці Зарічненського р-ну, 1 км нижче впадіння р. Стубла, витік ріки в Білорусь, 4 км до кордону	4 / III			3 / II				2 / II	3	II
	3	6	4	1	2	4	4			
р. Простир, с. Старі Коні Зарічненського р-ну, 1 км нижче впадіння р. Стубла, витік ріки в Білорусь, 4 км до кордону	4 / III			3 / II				2 / II	3	II
	3	6	4	1	2	4	4			
р. Іква на межі Рівненської- Тернопільської областей	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	4	3	4	1	5	7	4			
р. Іква, нижче міста Дубно, 0,7 км вище скиду о/с КВП ВКГ "Дубноводоканал"	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	4	3	4	1	3	6	4			
р. Іква, в межах с. Іванне Дубенського р-ну, нижче скиду о/с КВП ВКГ "Дубноводоканал"	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	4	3	4	1	3	6	5			
р. Іква, нижче смт Млинів, вище скиду о/с ЖКП "Млинівське"	4 / III			3 / II				4 / III	4	III
	3	3	5	1	3	3	4			
р. Іква, нижче смт Млинів, нижче скиду о/с ЖКП "Млинівське"	3 / II			3 / II				4 / III	3	II
	3	3	4	1	4	4	4			
р. Іква, в межах села Торговиця Млинівського р-ну, 1.5 км вище гирла р. Іква (з мосту)	4 / III			3 / II				4 / III	4	III
	4	3	4	1	2	4	4			
р. Слонівка, м. Радивилів, вище скиду о/с ДП "Радивилівводоканал"	3 / II			4 / III				4 / III	4	III
	3	3	4	1	5	6	4			

р. Слонівка, м. Радивилів, нижче скиду о/с ДП "Радивилівводоканал"	3 / II			4 / III				4 / III	4	III
	3	3	4	1	3	7	4			
р. Жабичі, м. Демидівка, вище впадіння меліоративного каналу, в який поступають стоки від консервного з-ду	3 / II			3 / II				4 / III	3	II
	4	3	3	1	3	2	4			
р. Жабичі, м. Демидівка, нижче впадіння меліоративного каналу, в який поступають стоки від консервного з-ду	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	4	3	4	1	4	4	5			
р. Серна, вище випуску КОС БАТ «Волиньхолдінг»	3 / II			3 / II				4 / III	3	II
	1	5	4	1	4	4	4			
р. Серна, нижче випуску КОС БАТ «Волиньхолдінг»	4 / III			3 / II				4 / III	4	III
	1	5	5	1	4	4	4			
р. Серна, вище полігону твердих побутових відходів, с. Брище, Луцького району	4 / III			3 / II				4 / III	4	III
	2	5	4	2	2	3	4			
р. Серна, нижче полігону твердих побутових відходів, с. Брище, Луцького району	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	1	6	5	2	3	5	4			
р. Гнила Липа, вище випуску зворотних вод БАТ „Горохівський цукровий завод”	3 / II			3 / II				4 / III	3	II
	2	2	4	1	3	5	4			
р. Гнила Липа, нижче випуску зворотних вод БАТ „Горохівський цукровий завод”	3 / II			4 / III				4 / III	4	III
	2	2	5	2	4	5	4			
р. Пруднік, вище випуску КОС ПЖКГ м. Рожище	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	2	4	5	2	4	5	5			
р. Пруднік, нижче випуску КОС ПЖКГ м. Рожище	4 / III			4 / III				4 / III	4	III
	2	6	5	2	5	5	5			
р. Черногузка, вище випуску вод I категорії БАТ „Гнідавський цукровий завод”	3 / II			3 / II				4 / III	3	II
	1	4	4	1	3	3	4			
р. Черногузка, нижче випуску вод I категорії БАТ „Гнідавський цукровий завод”	3 / II			4 / III				4 / III	4	III

Якість поверхневих вод в межах блоку показників сольового складу також суттєво різняться по басейну. На більшості створів якість води в межах блоку належить до задовільних (за ступенем чистоти до слабо забруднених вод), лише у верхів'ї р. Стир, та на притоках р. Слонівка, р. Гнила Липа, р. Черногузка вода добра (досить чиста).

Основним показником, що впливає на таку диференціацію є вміст сульфатів. Сульфати присутні практично у всіх поверхневих водах і надходять туди, в основному, внаслідок вивітрювання мінералів, що містять сірку та процесів окислення сульфідів. Сульфати надходять в поверхневі води також в процесі відмирання організмів рослинного і тваринного походження, що характерно для поверхневих вод басейну р. Стир [4]. Якість вод в р. Стир щодо вмісту сульфатів змінюється від витoku до гирла від дуже добрих (II клас) до поганих (IV клас) відповідно.



Рис. 1. Районування території басейну р. Стир, щодо якості поверхневих вод

Якість вод щодо рівня мінералізації змінюється від відмінної (I клас) на притоках р. Стир, р. Черногузці та р. Серна до задовільної (III клас) – на р. Ікві, р. Жабичі. Загалом по основному руслу р. Стир якість води щодо мінералізації зростає від дуже доброго до доброго (II клас), за ступенем чистоти від чистої до досить чистої.

Ще одним показником якості вод у сольовому блоці є хлориди, вміст яких в басейні р. Стир практично не змінюється і належить до задовільних вод III класу.

У блоці показників трофо-сапробіологічного складу ми проаналізували якість вод щодо вмісту завислих речовин, азоту амонійного, нітратів (в перерахунку на

азот загальний), та БСК₅. Якість поверхневих вод басейну р. Стир щодо вмісту завислих речовин відмінна чи дуже добра. Найгіршою є якість вод щодо вмісту азоту амонійного, та, особливо, нітратів.

Азот амонійний та нітрати потрапляють у воду, як ми говорили вище, з промисловими і побутовими стічними водами, стоком з сільськогосподарських угідь, на яких застосовуються азотні добрива. Оскільки рівень сільськогосподарського освоєння, розораності набагато вищий в верхів'ї басейну, особливо в межах Волинської височини, то відповідно і якість поверхневих вод тут, щодо вмісту нітратів найгірша [1]. В межах верхів'я, власне, р. Стир поверхневі води належать до 5 і 6 категорії якості, тобто за ступенем чистоти вони помірно забруднені і брудні. В межах суббасейну р. Ікви та р. Слонівки якість води місцями знижується до 7 категорії, тобто вода дуже брудна. Нижче по течії, із збільшенням витрат води, в межах Полісся якість поверхневих вод басейну р. Стир дещо краща і відповідає 4 категорії якості, тобто вода слабо забруднена.

Якість вод, щодо біологічного споживання кисню за 5 діб (БСК₅) відповідає, здебільшого, 4 категорії якості, тобто за ступенем чистоти вода слабо забруднена. Якість її дещо погіршується нижче випуску стічних вод з комунальних очисних споруд (КОС) підприємства «Луцькводоканал» у р. Стир, нижче скиду о/с КВП ВКГ «Дубноводоканал» в р. Іква, нижче впадіння меліоративного каналу, в який поступають стоки від консервного заводу у р. Жабичі, нижче випуску вод ВАТ «Гнідавський цукровий завод» у р. Чорногузку.

Загалом, в межах блоку показників трофо-сапробіологічного класу якість поверхневих вод басейну р. Стир оцінюємо як добру (II клас), місцями задовільну (III клас), досить чисту чи, місцями, слабо забруднену.

У блоці показників специфічного складу ми зупинилися на визначенні якості поверхневих вод, щодо вмісту заліза. Головними джерелами надходження заліза в поверхневі води є процеси хімічного вивітрювання гірських порід, а в нашому випадку і наявність великої кількості заболочених територій [1]. Загалом, щодо вмісту заліза якість вод в басейні р. Стир належить до 4 категорії якості (задовільна), але на ділянці нижче с. Козлиничі, якість поверхневих вод зростає і відповідає 1 (відмінна) чи 2 (дуже добра категорія якості). Така зміна спричинена не різким падінням концентрації заліза у поверхневих водах, а розміщення цієї частини басейну в поліському гідрохімічному районі, де вміст заліза, завдяки наявності великої кількості боліт значно вищий.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Загалом, за загальною якістю, поверхневі води басейну р. Стир належать до слабо забруднених, хоча по окремим показникам, особливо щодо вмісту нітратів, в межах смт. Берестечко, у водах р. Іква на межі Рівненської та Тернопільської області та поблизу м. Дубно, у р. Слонівка біля м. Радивилів, води брудні. Якість вод значно погіршується внаслідок діяльності людини, скиду недостатньо очищених стічних вод, прямого скиду стічних вод під час виходу з ладу очисних споруд, самовільного скиду стічних вод приватними господарствами, високого рівня застосування добрив у сільському господарстві, недотримання меж прибережно-захисних смуг та водоохоронних зон.

Для покращення якості поверхневих вод, особливо на малих річках, вважаємо за необхідне: провести реконструкцію наявних, чи будівництво нових очисних споруд, особливо на підприємствах, що розміщені на притоках р. Стир; контроль та повне припинення неочищених скидів побутових вод приватними господарствами; приведення в належний стан прибережних водозахисних смуг та водозабірних територій; дотримання чинного законодавства у галузі охорони водних об'єктів та природного середовища загалом.

Список літератури

1. Ганущак М.М. Гідрохімічні особливості формування стоку р. Стир / М.М. Ганущак // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки: Наук. збірник / Відп.ред В.Й. Лажнік.- Волин. нац.ун-т ім. Лесі Українки, 2012. 2. Кадацкая О.В. Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов / О.В. Кадацкая. – Минск: Наука и техника, 1987. – 135 с. 3. Логинов В.Ф. Современные изменения водных ресурсов Республики Беларусь / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, С.И. Парфомчук // География и природные ресурсы. – 2008. – № 1. – С. 149-154. 4. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. – Х.: УкрНДІЕП. – 2012. – 37 с.

Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир

Ганущак М. М., Тарасюк Н. А.

На основі хімічних аналізів проб води відібраних протягом 2005–2011 рр. проведено оцінку якості поверхневих вод басейну р. Стир за відповідними категоріями. Встановлено суттєві відмінності якості поверхневих вод басейну по окремим блокам та групам гідрохімічних показників. Здійснено районування території басейну щодо якості поверхневих вод, згідно якого басейн р. Стир поділено на дві частини: слабо забруднене верхів'я (модальні ділянки Вороняки, Мале Полісся) та середня течія басейну (Волинське Опілля), та досить чисте пониззя (Передполісся, Полісся). Встановлено, що якість вод значно погіршується внаслідок діяльності людини, скиду недостатньо очищених стічних вод, самовільного скиду стічних вод приватними господарствами, високого рівня застосування добрив у сільському господарстві, недотримання меж прибережно-захисних смуг та водоохоронних зон.

Ключові слова: басейнова система, гідрохімічні показники, сольовий склад річкових вод, якість поверхневих вод, джерела забруднення.

Оценка качества поверхностных вод бассейна р. Стырь

Ганущак М. М., Тарасюк Н. А.

На основе химических анализов проб воды отобранных в течение 2005-2011 гг. проведена оценка качества поверхностных вод бассейна р. Стырь по соответствующим категориям. Определено существенные различия качества поверхностных вод бассейна по отдельным блокам и группам гидрохимических показателей. Осуществлено районирование территории бассейна относительно качества поверхностных вод, согласно которому бассейн р. Стырь разделен на две части: слабо загрязненное верховье (модальные участки Вороняки, Малое Полесье) и среднее течение бассейна (Волинское Ополье), и довольно чистое низовье (Передполесье, Полесье). Определено, что качество вод значительно ухудшается в результате деятельности человека, сброса недостаточно очищенных сточных вод, самовольного сброса сточных вод частными хозяйствами, высоким уровнем применения удобрений в сельском хозяйстве, несоблюдение границ прибережно-защитных полос и водоохранных зон.

Ключевые слова: бассейновая система, гидрохимические показатели, солевой состав речных вод, качество поверхностных вод, источники загрязнения.

Assessment of surface water quality basin. Stir

Hanushchak M.M, Tarasyuk N.A.

Based on chemical analysis of water samples selected for 2005 - 2011 pp. Evaluated the quality of surface water basin. Stir the relevant categories. Established significant differences of surface water quality in the basin separate blocks and groups hydrochemical parameters. Done zoning pool on surface water quality, according to which the basin. Stir divided into two parts: the top slightly polluted (modal areas Voronyak, Small Polesie) and middle reaches basin (Volyn Opole) and lower reaches fairly clean (Peredpolissya, Polesie). Established that water quality deteriorates significantly as a result of human activities, discharge of inadequately treated sewage, unauthorized discharge of waste water by private households, higher use of fertilizers in agriculture, failure limits coastal protection zones and protection zones.

Keywords: basin system, hydrochemical indicators, salt composition of river water quality of surface water pollution sources.

Надійшла до редколегії 11.01.2015

Осипенко В.П.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГІДРОХІМІЧНОГО СТАНУ МАЛИХ ВОДОЙМ КИЄВА НА ПРИКЛАДІ СТАВУ ГОРІХОВАТСЬКОГО-2

Ключові слова: *гумінові кислоти; фульвокислоти; вуглеводи; білковоподібні речовини; сезонна динаміка; Горіховатський став*

Постановка проблеми. Київські водойми – природного чи штучного походження – відіграють важливу роль у створенні культурного ландшафту і є рекреаційними куточками техногенно перевантаженого міста.

Став Горіховатський-2 – один з каскаду чотирьох ставків у руслі р. Горіховатки, вода в який надходить і витікає через штучно створені дамби внаслідок різниці рівнів води. Екологічний (в тому числі гідрохімічний) стан таких водних об'єктів потребує не меншої уваги, ніж водойм, які призначені для водозабезпечення, зрошування, рибного господарства тощо. Відомо, що якість води у водних екосистемах визначається фізико-географічними, геологічними, фізико-хімічними, біологічними умовами її формування. Одним з чинників, який також впливає на хімічний склад води і стає все більш вагомим, є антропогенний чинник. Так, ставок Горіховатський-2 зазнає значного антропогенного тиску через близькість автошляху, несанкціонованих скидів з території житлового масиву і навколишніх закладів відпочинку, вторинного забруднення з боку донних відкладів тощо. Як наслідок, така ситуація призводить до високого рівня евтрофності, посиленого “цвітіння” води та різкого погіршення її якості [11].

Обов'язковою характеристикою якості води слугує вміст в ній розчинених органічних речовин (РОР). Функціонування водних об'єктів також залежить від кількісного та якісного складу органічних речовин, роль яких особливо важлива для життєдіяльності гідробіонтів та їхньої продуктивності. РОР можуть надходити у воду як внаслідок природних процесів у водоймі, так і з поверхневим стоком, ґрунтовими водами, атмосферними опадами. До абіотичних чинників, які значною мірою впливають на загальний вміст і компонентний склад РОР у воді, належать температура, активна реакція водного середовища (рН), вміст розчиненого кисню. У попередніх дослідженнях ми вивчали сезонний розподіл РОР у воді ставу Горіховатського-2 лише у поверхневому шарі води [7].

Метою цієї роботи було вивчення сезонної динаміки загального вмісту РОР і деяких їхніх компонентів – гумінових і фульвокислот (ГК і ФК), вуглеводів (В) і білковоподібних речовин (БПР) – у поверхневому і придонному шарах води у взаємозв'язку з такими гідрохімічними показниками, як рН і вміст розчиненого у воді кисню.

Об'єкт і методика досліджень. Став Горіховатський-2 (нумерація від нижче до вище розташованого) утворений в результаті зарегулювання стоку р. Горіховатки – однієї з приток р. Либеді. Знаходиться на території Голосіївського парку на відстані кількох сот метрів від пожвавленої автомагістралі. Площа водойми складає 0,9 га. Близько 30% прибережної смуги водного дзеркала займають зарості макрофітів. За гідрологічними ознаками належить до проточних мілководних (до 1,5–2,5 м) поліміктичних водойм з атмосферно-джерельним типом живлення. Водойма поступово міліє, тому що продукти життєдіяльності гідробіонтів осідають на дно, утворюючи болотні відклади [1, 2].

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)

Проби води у досліджуваному об'єкті відбирали з поверхневого та придонного шарів води протягом 2013 р. посезонно: у лютому, квітні, серпні та жовтні. Для відокремлення зависі від фракції РОР використовували мембранні фільтри "Synpro" з діаметром пор 0,4 мкм, Чехія. У відфільтрованій воді визначали рН, концентрацію розчиненого кисню, перманганатну та біхроматну окиснюваності (ПО та БО) [6].

Для вивчення компонентного складу РОР методом іонообмінної хроматографії застосовували ДЕАЕ- і КМ-целюлози [10], в результаті чого одержували три фракції розчинених органічних сполук: кислотну, основну і нейтральну. В кислотній групі РОР досліджували ГК і ФК, в основній – БПР, а в нейтральній – В. БПР визначали методом Фоліна-Лоурі [4], В – за допомогою антрону [9], ГК і ФК – спектрофотометричним методом за їхнім власним забарвленням при $\lambda=400$ нм і за реакцією азосполучення з діазотованим 4-нітроаніліном [8].

Результати досліджень та їх обговорення. Як було сказано, до важливих абіотичних чинників, які визначають загальний вміст і компонентний склад РОР у воді, належать температурний режим, рН та вміст розчиненого кисню. Узагальнені результати вивчення сезонної динаміки цих показників представлені у наведеній таблиці. Так, з таблиці видно, що температура у поверхневому і придонному шарах води відповідала сезонним змінам температури атмосферного повітря. Через незначну глибину водойми (2 м) на досліджуваній ділянці температура в обох шарах води мало відрізнялася і коливалася від 2°C до 24°C на поверхні та від 4°C до 23°C на дні взимку і влітку, відповідно. Зміна розчиненого у воді кисню і величини рН внаслідок впливу температури на гідробіологічні і гідрологічні процеси у водоймі загальновідома [5]. Так, за тривалого льодоставу взимку відбулося різке зменшення розчиненого кисню до 4,3 і 3,4 мг/дм³ (30,9 і 21,6% насичення) відповідно, що взаємопов'язано також з найнижчими показниками рН – 7,4 і 7,3 відповідно.

Навесні на відкритих, добре прогрітих і освітлених ділянках водойми більш інтенсивно відбуваються процеси фотосинтезу за участю фітопланктону. Тому в цю пору року спостерігали значне підвищення вмісту розчиненого кисню до 19,5 мг/дм³ (183,8% насичення) та 17,7 мг/дм³ (163,4% насичення) у поверхневому та придонному шарах води відповідно.

Влітку внаслідок високої температури води та інтенсифікації процесів розпаду і окиснення відмерлого фітопланктону у воді виник дефіцит кисню. У придонному шарі його вміст складав лише 1,4 мг/дм³, що відповідало 10,7% насичення. За таких умов відбувалося значне зменшення величини рН до 7,4 (табл.). Осіннє охолодження води до 10°C та її конвекційне перемішування сприяли збільшенню вмісту розчиненого кисню до 13,4 і 13,0 мг/дм³ у поверхневому і придонному шарах. В цю пору року, коли вся товща води майже однаково насичена киснем (118,1 і 114,5% насичення), відмічали також невелику різницю за показниками рН – 8,2 і 8,3 (поверхня і дно, відповідно).

Загальний вміст РОР у воді визначали за показниками ПО і БО. Одержані нами результати стосовно поверхневого шару води засвідчили, що протягом року їхні величини коливалися в межах 8,4–17,6 та 33,6–92,8 мг О/дм³, відповідно. Слід відмітити нехарактерно високе зимове значення БО (81,1 мг О/дм³), яка зазвичай відображає вміст у воді важкоокиснюваних органічних сполук. Як відомо, до них належать не тільки гумусові речовини, але й більшість забруднюючих речовин штучного походження. Але найвищу величину БО відмічали навесні, а ПО – влітку. Мінімальні показники ПО і БО припадали на осінній період спостережень (див. табл.).

Таблиця. Сезонна динаміка деяких гідрохімічних показників і вмісту розчинених органічних речовин у воді ставу Горіховатського-2 у 2013 р.

Сезон	$t_{\text{води}}, ^\circ\text{C}$	pH	$\text{O}_2, \text{мг/дм}^3$	Насичення, %	$\text{ПО}, \text{гО/дм}^3$	$\text{БО}, \text{мгО/дм}^3$	$\text{ГК}, \text{мг/дм}^3$	$\text{ФК}, \text{мг/дм}^3$	$\text{В}, \text{мг/дм}^3$	$\text{БПР}, \text{мг/дм}^3$
<i>Поверхневий шар</i>										
Зима	2,0	7,4	4,3	30,9	13,1	81,1	0,4	5,4	1,56	0,43
Весна	14,0	8,8	19,5	183,8	12,5	92,8	0,7	7,9	2,58	0,55
Літо	24,0	7,8	5,0	60,3	17,6	51,8	0,8	9,0	3,72	0,74
Осінь	10,0	8,2	13,4	118,1	8,4	33,6	0,3	4,2	1,99	0,61
<i>Придонний шар</i>										
Зима	4,0	7,3	3,4	21,6	19,1	87,4	0,5	6,2	2,10	0,51
Весна	13,0	8,7	17,7	163,4	11,8	86,4	0,6	7,7	2,28	0,52
Літо	23,0	7,4	1,4	10,7	15,0	49,0	0,8	8,7	3,39	0,64
Осінь	10,0	8,2	13,0	114,5	6,1	31,2	0,3	5,2	1,85	0,49

У придонному шарі води протягом року значення ПО і БО були нижчі, ніж у поверхневому шарі. Лише взимку вони переважали на дні і становили 19,1 і 87,9 проти 13,1 і 81,1 мг О/дм³ на поверхні. Таку високу величину БО у зимовий період у придонному шарі можна пояснити як десорбцією РОР з донних відкладів за різкого дефіциту кисню [3], так і концентруванням органічних сполук внаслідок природного виморожування значного об'єму води у досить неглибокій водоймі. Мінімальні їхні значення відмічали також восени – 6,1 та 31,2 мг О/дм³ (ПО і БО, відповідно).

Аналізуючи і порівнюючи вміст ГК, ФК, В і БПР у поверхневому і придонному шарах води, можна зауважити, що взимку концентрації всіх зазначених органічних сполук були вищими на дні і становили 0,5; 6,2; 2,10 та 0,51 мг/дм³ відповідно.

У весняно-літній період з поступовим прогріванням поверхневого шару води і активізацією процесів життєдіяльності гідробіонтів вміст досліджуваних органічних компонентів у ньому зростав і перевищував аналогічні показники на дні. Найбільших значень концентрації ГК, ФК, В і БПР досягали влітку саме у поверхневому шарі води і становили 0,8; 9,0; 3,72 і 0,74 мг/дм³, відповідно, що свідчить про посилення продукційних процесів фітопланктону за досить високої температури води (24,0°C). В цей час у придонному шарі також спостерігали суттєве збільшення концентрації усіх компонентів РОР відносно їхніх зимових показників до 0,8; 8,7; 3,39 і 0,64 мг/дм³, відповідно.

Восени вміст усіх органічних сполук знизився як на поверхні, так і на дні. Для гумусових речовин і В це зниження було досить суттєвим – в середньому у 2 рази відносно літніх показників, для БПР – на рівні 25%. Цікаво відмітити, що мінімальні сезонні концентрації досліджуваних РОР у поверхневому шарі води припадали на зимовий період, а у придонному – на осінній (див. табл.).

Якщо зосередитися на кисневому режимі як чинникові впливу на розподіл різних груп органічних речовин у водоймі, то слід зауважити, що вміст кисню у придонному шарі води ст. Горіховатського-2 протягом всього року був нижчим, ніж на поверхні. Так, середньорічні його концентрації становили 10,6 та 8,8 мг/дм³ (поверхня та дно відповідно), але значного дефіциту кисню зазнавав лише придонний шар води як влітку, так і взимку. Такі анаеробні умови за одночасного зниження величини pH, як було сказано вище, призводять до посилення десорбції

всіх компонентів РОР з донних відкладів, що і спостерігали, досліджуючи сезонну динаміку означених гідрохімічних показників.

Висновки. Таким чином, особливості формування хімічного складу води у водоймах Києва значною мірою обумовлені як природними процесами, так і антропогенним навантаженням, яке проявляється не тільки у прямому надходженні у воду продуктів життєдіяльності людини, а й опосередковано, внаслідок зміни гідрофізичних, гідрохімічних, біологічних чинників тощо.

Дослідження сезонної динаміки вмісту РОР у воді ставу Горіховатського-2 у 2013 р. показало, що зміна температури, рН, розчиненого у воді кисню може по різному впливати на розподіл органічних сполук у поверхневому і придонному шарах води. У поверхневому шарі води вміст РОР протягом року був вищим, крім зимового періоду, що свідчить про перевагу у водоймі продукційних процесів над деструкційними. Максимальне значення БО спостерігали навесні, ПО – влітку.

У придонному шарі води лише влітку показники ПО і БО переважали (у порівнянні з поверхневим шаром) і відповідали низькому насиченню води киснем, що може спричиняти адсорбцію органічних сполук з донних відкладів і становити небезпеку вторинного забруднення водойми цими речовинами. Але найбільший вміст РОР на дні припадав на зимовий період. Восени, коли затухають процеси фотосинтезу, вміст РОР був мінімальним в обох шарах води.

Результати визначення концентрації ГК, ФК, В та БПР у воді показали, що їхній розподіл у різні сезони мав певні особливості. Протягом року вміст окремих компонентів РОР, як правило, був більшим у поверхневому шарі води. Лише взимку концентрації усіх названих органічних сполук перевищували такі у поверхневому шарі з викладених вище причин. На відміну від загального вмісту РОР, максимальні концентрації як ГК та ФК, так і В та БПР, спостерігали влітку, мінімальні – переважно восени.

Отже, сезонна динаміка окремих груп РОР є показником функціонування гідробіоценозів, і різкі зміни їхнього традиційного розподілу між абіотичними компонентами можуть свідчити про порушення природного балансу внаслідок кліматичних чи антропогенних чинників.

Список літератури

1. *Афанасьев С.А.* Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов города Киева / С.А. Афанасьев // Вестник экологии. – 1996. – № 2. – С. 112–118.
2. *Афанасьева О.А.* Екологічний стан київських водойм / О.А. Афанасьева, Т.С. Багацька, Л.Г. Оляницька. – К.: Фітосоцінцентр, 2010. – 256 с.
3. *Васильчук Т.О.* Вплив аеробних та анаеробних умов на міграцію та розподіл органічних речовин у водоймах з уповільненим водообміном / Т.О. Васильчук, В.П. Осипенко, Т.В. Євтух // Совр. проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений: Матер. 2-й Междунар. науч. конф., г. Херсон, 26–29 авг. 2008 г. – Херсон, 2008 – С. 83–87.
4. *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.
5. *Константинов А.С.* Общая гидробиология / А.С. Константинов. – М.: Высшая школа, 1986. – 472 с.
6. *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.
7. *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. – № 1(26). – С. 134–140.
8. *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.
9. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.
10. *Сироткина И.С.* Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод / И.С. Сироткина, Г.М.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)

Варшал, Ю.Ю. Лурье, Н.П. Степанова // Журн. аналит. химии. – 1974. – Т. 29, № 8. – С. 1626–1632. **11.** Хільчевський В.К. Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків Києва / В.К. Хільчевський, О.В. Бойко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2005. – № 2. – С. 529–535.

Дослідження особливостей гідрохімічного стану малих водойм Києва на прикладі ставу Горіховатського-2

Осипенко В.П.

Представлені результати досліджень сезонної динаміки вмісту розчинених органічних речовин у воді ставу Горіховатського-2 у 2013 р. Наведені основні гідрохімічні характеристики, а також концентрації гумінових кислот, фульвокислот, вуглеводів і білковоподібних речовин у цьому водному об'єкті.

Ключові слова: малі водойми; кисневий режим; гумінові кислоти; фульвокислоти; вуглеводи; білковоподібні речовини; сезонна динаміка

Исследование особенностей гидрохимического состояния малых водоемов Киева на примере пруда Ореховатского-2

Осипенко В.П.

Представлены результаты исследования сезонной динамики содержания растворенных органических веществ в воде пруда Ореховатского-2 в 2013 г. Приведены основные гидрохимические характеристики, а также концентрации гуминовых кислот, фульвокислот, углеводов и белковоподобных веществ в этом водном объекте.

Ключевые слова: малые водоемы; кислородный режим; гуминовые кислоты; фульвокислоты; углеводы; белковоподобные вещества; сезонная динамика

Investigation of peculiarities of the hydrochemical state of Kyiv little water bodies on the example of the Gorikhovatsky-2 pond

Osypenko V.P.

The results of investigation of the seasonal dynamics of dissolved organic matters in water of the Gorikhovatsky-2 pond in 2013 are presented. The major hydrochemical characters, also humic acid, fulvic acid, protein and carbohydrate concentrations in this water object are considered.

Keywords: little water bodies; oxygen regime; humic acids; fulvic acids; carbohydrates; proteins; seasonal dynamics.

Надійшла до редколегії 25.12.2014

УДК 547.567 : 581.526.3 (582.261.27 : 581.143)

Усенко О.М.

Інститут гідробіології НАН України, Київ

ХІНОНИ ВИЩИХ ВОДЯНИХ РОСЛИН ЯК РЕГУЛЯТОР РОСТУ ПЛАНКТОННИХ ВОДОРОСТЕЙ

Ключові слова: вищі водяні рослини, хінони, феноли, культури водоростей, відносна швидкість росту

Вступ. Глобальні масштаби евтрофування континентальних водойм і як наслідок масовий розвиток в них синьозелених водоростей (ціанобактерій, ціанопрокаріотів) є однією з причин виникнення так званого "біологічного забруднення" і пов'язаного з ним погіршення якості поверхневих вод. В цих випадках погіршуються показники якості питної води: виникають специфічні запахи та присмаки, збільшується концентрація розчинених органічних сполук, серед яких можуть знаходитись й шкідливі біологічно активні метаболіти (аміни, альготоксини, алкалоїди, нітрозаміни, індоли, феноли, хінони тощо) [7].

У процесі життєдіяльності водяних рослин, а також після розпаду їх органічних структур у воду виділяються різноманітні речовини, в тому числі ті, що характеризуються високою біологічною активністю. Вони здатні стимулювати або гальмувати фізіологічні процеси гідробіонтів і тим самим поряд з іншими екологічними чинниками, впливати на формування біоценозів.

Хінони – циклічні дикетони, в молекулах яких кетогрупи входять в систему сполучених подвійних зв'язків. Інколи хінони розглядають, як оксипохідні ненасичених циклічних вуглеводнів; в основі *п*-бензохінону лежить $\Delta^{1,4}$ -циклогексادیєн, в основі *о*-бензохінону – $\Delta^{1,3}$ -циклогексادیєн. Але у зв'язку з близькістю їх до ароматичних сполук розглядають разом з фенольними сполуками. Найбільш поширені у природі бензохінони, нафтохінони і антрахінони. Бензохінони існують у вигляді 2 ізомерів (*о*-хінону і *п*-хінону). *О*-хінон утворюється в результаті окислення паракатехіну, *п*-хінон – гідрохінону. Також при окисленні гідрохінону в *п*-хінон може утворюватись проміжний продукт хінгідрон який має темно-зелений колір.

Відомо, що одна з найважливіших функцій фенольних сполук це участь в окисно-відновних процесах. Варто відмітити, що якраз хінони окислюють триптофан з утворенням стимулятора росту – β -індолуксусної кислоти. Похідні фенольних сполук у вигляді убіхінонів являються переносниками водню (електрона) і в нормальному дихальному ланцюзі локалізовані в мітохондріях. Подібні до убіхінонів пластохінони – компоненти електронтранспортного ланцюгу хлоропластів. На відміну від водорозчинних фенольних сполук убіхінони і пластохінони не накопичуються в тканинах рослин у великих кількостях [3].

Визволення фенолів і появу хінонів треба розглядати і в плані „токсинів руйнування” хімічних сполук, які створюють опосередковану дію руйнівних чинників. Послідуюче відмирання клітин і органів, не торкається зовнішніх впливів і тому розвивається при його усуненні. Виникнення хінонів слід чекати при звільненні фенольних сполук не тільки з вакуолей, але і з любых інших структурних

утворень, що загрожують контакту фенольних сполук та їх ферментів, а також при послабленні ізолюваних синтезованих фенолів [8].

Ціллю нашої роботи було встановлення вмісту хінонів у клітинах ВВР, процесах накопичення фенолів і хінонів в місцях їх зростання, а також їх вплив на функціональну активність планктонних водоростей.

Матеріал і методика досліджень. Об'єктом досліджень були вищі водяні рослини, відібрані в р. Дніпро (в районі Собаче гирло) і оз. Вербне. Дослідження проводили з представниками різних екологічних груп макрофітів: повітряно-водних – *Sagittaria sagittifolia* L. (стрілолист стрілолистий), *Sparganium erectum* L. (їжача голівка пряма), *Phragmites communis* Trin. (очерет звичайний), *Typha angustifolia* L. (рогоз вузьколистий), *Scirpus lacustris* L. (комиш озерний); занурених – *Potamogeton perfoliatus* L. (рдесник пронизанолистий) і *Ceratophyllum demersum* L. (Кушир занурений); з плаваючим листям – *Trapa natans* L. (водяний горіх), *Nuphar lutea* (L.) Smith (гличики жовті) і *Salvinia natans* (L.) All. (сальвінія плаваюча). Для встановлення функціональної активності використовували альгологічно чисті культури синьозелених (*Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. HPDP-6, *Anabaena* sp. PCC 7120 P9 Wolk USA.) і зелених (*Acutodesmus dimorphus* (Turp.) Tsar. Meyen IBASU-A251, *Chlorella vulgaris* Beijer. CCAP-211/11b) водоростей.

Водорості вирощували на середовищі Фітцджеральда в модифікації А. Цендера й П. Горема №11 [4] при температурі 22–25°C і висвітленні лампами денного світла з інтенсивністю 4 клк (періодичністю світло/темрява – 16/8).

Відносну швидкість росту водоростей (μ) визначали згідно [5]:

$$\mu = \frac{1}{x} \times \frac{dx}{dt}, \quad (1)$$

де x – початкова біомаса водоростей; dx – приріст біомаси водоростей через певний час; dt – час росту культур.

Вміст загальних хінонів [2] досліджували в стеблах і листках вищих водяних рослин, а також феноли [1] і хінони у воді в їх заростях. Для встановлення дії на відносну швидкість росту водоростей використовували хімічно чисті речовини (*p*-бензохінон, *o*-бензохінон, *p*-нафтохінон і хлораніл (тетрахлор-*p*-бензохінон).

Результати досліджень та їх обговорення. В результаті проведених досліджень було встановлено, що кількість хінонів у клітинах вищих водяних рослин менша (рис. 1) по відношенню до загальних фенолів [10].

Ці величини в деяких випадках навіть менші по відношенню до фенолкарбонових кислот. Найбільша їх кількість була встановлена у *Sagittaria sagittifolia* і складала 1,40 мг/г, у *Sparganium emersum* – 1,07 мг/г, *Potamogeton perfoliatus* – 1,00 мг/г. Найменша була у *Typha angustifolia* L. – 0,10 мг/г, кількість хінонів у інших коливалась у межах 0,30–0,75 мг/г. Закономірностей в їх накопиченні у ВВР не спостерігалось, що ймовірно пов'язано з їх видоспецифічністю.

Попередні наші дослідження показали, що хінони у великій кількості в клітинах не накопичуються у зв'язку з високою біологічною активністю. Тому, за допомогою процесів фосфорилування перетворюються у феноли і виділяються в навколишнє середовище [6]. Для встановлення цих закономірностей ми провели дослідження по вмісту їх у водному середовищі (рис. 2).

Отримані результати вказують, на більшу кількість хінонів у воді чим фенолів. Ці величини різні і залежать від активної реакції середовища в місцях зростання вищих водяних рослин pH=6,45–8,55.

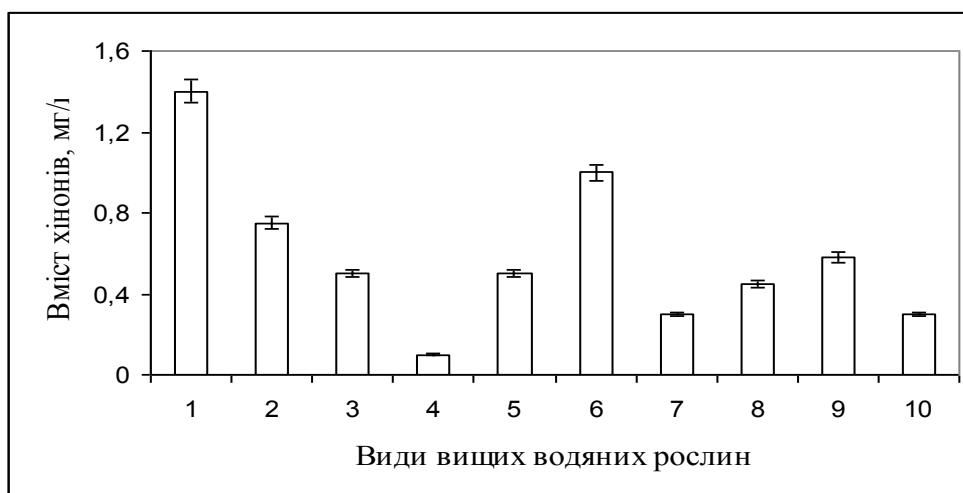


Рис. 1. Вміст хінонів у деяких видів вищих водяних рослин:

1 – *Sagittaria sagittifolia*, 2 – *Sparganium erectum*, 3 – *Phragmitis communis*, 4 – *Typha angustifolia*, 5 – *Scirpus lacustris*, 6 – *Potamogeton perfoliatus*, 7 – *Ceratophyllum demersum*, 8 – *Trapa natans*, 9 – *Nuphar lutea*, 10 – *Salvinia natans*.

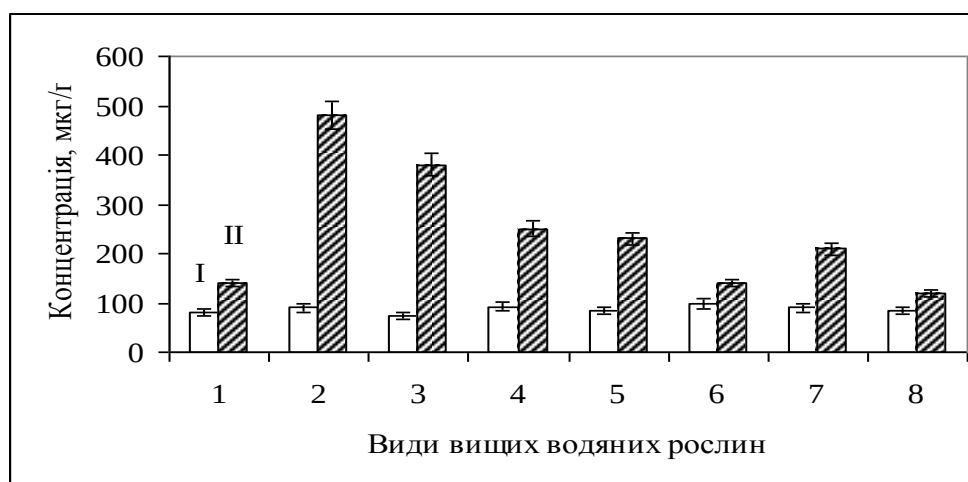


Рис. 2. Вміст фенолів (I) і хінонів (II) в заростях вищих водяних рослин:

1 – чистовод, 2 – *Trapa natans* + *Salvinia natans* + *Ceratophyllum demersum*, 3 – *Sagittaria sagittifolia*, 4 – *Nuphar lutea*, 5 – *Scirpus lacustris* + *Potamogeton perfoliatus*, 6 – *Typha angustifolia*, 7 – *Phragmitis communis*, 8 – *Sparganium emersum* + *Hydrocharis morsus-ranae*

Такі закономірності спостерігали у присутності елодеї, водопериці і куширу де концентрація фенолів у воді зменшувалась швидше чим у досліді без рослин. Що вказує на інтенсивне поглинання їх рослинами. Водяні рослини (елодея і валіснерія) значно прискорюють розклад о-бензохінону за рахунок взаємодії компонентів рослинних клітин з хінонами, частково з їх сульфгідрильними групами [8].

У зв'язку з тим, що в середовищах внаслідок окислення фенолів утворюються більш активні хінони [7], були проведені дослідження впливу саме цих сполук на швидкість наростання біомаси деяких видів культур водоростей. Із хінонів були використані продукти окислення гідрохінону – *p*-бензохінон, пірокатехіну – о-бензохінон, а також *p*-нафтохінон і хлораніл в концентраціях 0,5 і 1,0 мг/дм³. Внесення цих хінонів в культуральне середовище викликало зміни відносної швидкості росту як синьозелених, так і зелених водоростей (рис. 3).

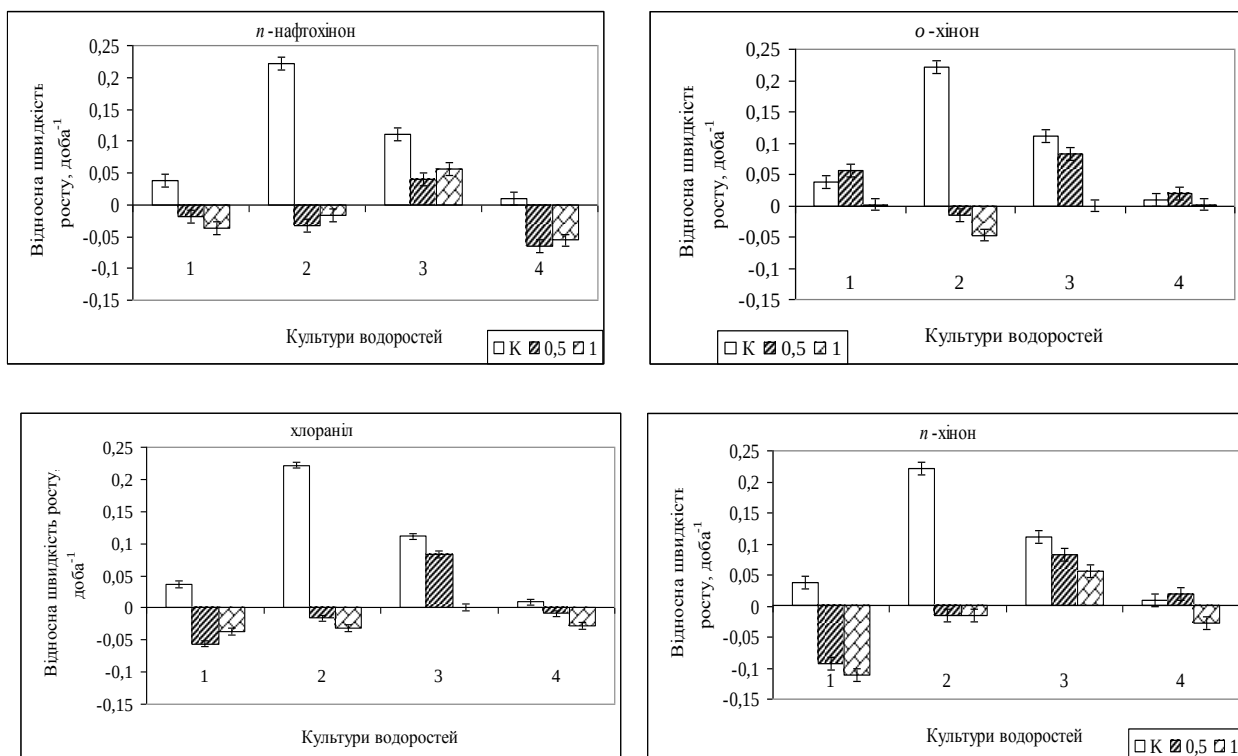


Рис. 3. Вплив екзогенних п-нафтохінону, п- і о-бензохінону й хлоранілу при концентраціях 0,5 і 1,0 мг/дм³ на ріст деяких видів синьозелених и зелених водоростей: 1 – *Microcystis aeruginosa*; 2 – *Anabaena sp.*; 3 – *Chlorella vulgaris*; 4 – *Acutodesmus dimorphus*

Проведені експериментальні дослідження на прикладі культур водоростей, що відносяться до різних систематичних груп, показали, що їхня резистентність до хінонів не однакова у представників різних таксономічних й екологічних груп.

Отримані результати показали, що найбільше пригнічення при концентрації п-бензохінону 1,0 мг/дм³ було у культур *Microcystis aeruginosa* й *Anabaena sp.*, що приводило до відмирання клітин. Інгібування росту біомаси культур зелених водоростей спостерігалось тільки в *Acutodesmus dimorphus* при концентрації п-бензохінону 1,0 мг/дм³, тому що при 0,5 мг/дм³ була стимуляція. Збільшення концентрації в середовищі 0,5–1,0 мг/дм³ п-бензохінону найменше пригнічувало ріст біомаси зеленої водорості *Chlorella vulgaris* і становило 0,083 й 0,056 добу⁻¹ відповідно.

Додавання в культуральне середовище п-нафтохінону і хлоранілу призводило до відмирання не тільки планктонних синьозелених водоростей *Microcystis aeruginosa* і *Anabaena sp.*, але й зеленої водорості *Acutodesmus dimorphus*. При цьому пригнічення п-нафтохіноном зеленої водорості *Chlorella vulgaris* було не таке істотне й становило 0,039 й 0,056 добу⁻¹ відповідно. Крім того при концентрації 1,0 мг/дм³ хлоранілу спостерігалось відмирання не тільки *Acutodesmus dimorphus*, а й *Chlorella vulgaris*. Найменше пригнічення спостерігалось у о-бензохінону, коли концентрація 0,5 мг/дм³ призводила навіть до стимулювання синьозеленої водорості *Microcystis aeruginosa*.

Таким чином, внесення в середовище $1,0 \text{ мг/дм}^3$ *п*-бензохінону, *п*-нафтохінону і хлоранілу сприяло збільшенню відмирання планктонних синьозелених водоростей більш інтенсивно, ніж у контрольних варіантах. При цьому можна зробити висновок, що найбільш активним із цих речовин є хлораніл і *п*-нафтохінон, які здатні впливати не тільки на планктонні синьозелені водорості, але й зелені.

Найбільш чутливими до цих окислених фенолів виявилися культури планктонних синьозелених водоростей *Microcystis aeruginosa* й *Anabaena* sp. Більш стійкі до цієї речовини зелені водорості *Acutodesmus dimorphus* й *Chlorella vulgaris*. Де крім слизових речовин, здатних захищати клітини водоростей від впливу несприятливих зовнішніх умов, цю функцію можуть виконувати речовини, що концентруються на поверхні клітинних мембран [9].

Кількість хінонів у рослинах збільшується і за рахунок попадання їх з водного середовища в залежності від активної реакції середовища. Тому в залежності від кількості заростей вищої водної рослинності збільшується і вміст хінонів у воді, який напряду залежить від виду рослини, а також захисних властивостей в результаті механічних пошкоджень [7].

Вивчення складних взаємовідношень між вищими водними рослинами і водоростями при їх спільному зростанні притягує все більшу увагу дослідників, що найкраще характеризує наукову і практичну актуальність цієї проблеми. Розкриття невідомих ще сторінок взаємодії цих груп рослин стає новим резервом підвищення продуктивності природних ценозів і покращення якості води.

Висновки. Біологічне та хімічне окислення фенолів до хінонів характерне не лише для вищих водних рослин і водоростей, воно має місце і в природних водоймах, де вода здебільшого має лужну реакцію. При цьому концентрації фенолів, що впливають на функціональну активність водоростей можуть бути порівняно низькими, але в комплексі із хінонами вони здатні гальмувати або стимулювати фізіологічні процеси окремих груп фітопланктону. В свою чергу найбільш активними хінонами по відношенню до водоростей являються хлораніл і *п*-нафтохінон, які при концентрації більше $0,5 \text{ мг/дм}^3$ можуть пригнічувати не тільки синьозелені, а й зелені водорості. До того ж, залежно від величини рН, спостерігається не лише окислення фенолів до хінонів, а й зворотна реакція – відновлення хінонів до фенолів.

Список літератури

1. Гродзинський А. М. Накопичення фенолів в ґрунті польового ценозу / А. М. Гродзинський, Л. С. Середюк, Л. І. Крупа // Доп. АН УРСР. – 1981. – Сер. Б, № 10. – С. 64–67.
2. Коренман И. М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. / И. М. Коренман – М.: Химия, 1975. – 360 с.
3. Кретович В. Л. Биохимия растений. / В. Л. Кретович – М.: Высшая школа, 1980. – 447 с.
4. Сиренко Л. А. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Л. А. Сиренко, А. И. Сакевич, Л. Ф. Осипов и др. – Киев: Наук. думка, 1975. – 247 с.
5. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. / М. М. Мусієнко – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 392с.
6. Романенко В. Д. Метаболические механизмы взаимодействия высших водных растений и цианобактерий – возбудителей "цветение" воды / В. Д. Романенко, Сакевич А. И., Усенко О. М. // Гидробиол. журн. – 2005. – 41, № 3. – С. 45–57.
7. Сакевич О.Й. Алелопатія в гідроекосистемах / О. Й. Сакевич, О. М. Усенко– Київ: Логос, 2008. – 344 с.
8. Стом Д.И. Роль харовых водоростей и других водных растений в процессах деструкции фенольных соединений / Д. И. Стом, С. С. Тимофеева, Л. И. Белых и др. // Водные ресурсы. – 1978. – № 4. – С. 105–111.
9. Усенко О. М. Резистентність водоростей до біологічно активних речовин. / О. М. Усенко, О. Й. Сакевич, О. В. Баланда – Київ: Логос. 2010. – 192 с.
10. Усенко О. М. Сравнительное изучение содержания фенолов и хинонов в фитомассе

высших водных растений и среде их обитания / О. М. Усенко // Гидробиол. журн. – 2012. – 48, № 4. – С. 77–84.

Хінони вищих водяних рослин як регулятор росту планктонних водоростей

Усенко О.М.

У статті представлені дослідження вмісту хінонів у вищих водяних рослин та водному середовищі, а також їх вплив на планктонні водорості. Встановлена залежність росту водоростей від концентрації досліджених хінонів.

Ключові слова: вищі водяні рослини, культури водоростей, відносна швидкість росту, хінони.

Хиноны высших водных растений как регулятор роста планктонных водорослей

Усенко О.М.

В статье приведены исследования по содержанию хинонов у высших водных растений и водной среде, а также их влияние на планктонные водоросли. Установлена зависимость роста водорослей от концентрации исследованных хинонов.

Ключевые слова: высшие водные растения, культуры водорослей, относительная скорость роста, хиноны.

Quinones of higher aquatic plants as a regulator of planktonic algae growth

Usenko O.M.

Investigations concerning quinones content in higher aquatic plants and water as well as effect of quinones on planktonic algae are presented. Relation between algae growth and concentration of investigated quinones.

Keywords: higher aquatic plants, algal cultures, relative growth rate, quinones.

Надійшла до редколегії 02.12.2014

УДК 551.582.2(477)+303.724.32

Затула В.І.¹, Затула Н.І.²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка

² Національний авіаційний університет, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СТУПЕНЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТІ КЛІМАТУ УКРАЇНИ ВІД ГЕОГРАФІЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДАМИ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Ключові слова: континентальність клімату; індекс континентальності клімату Хромова; регресійний аналіз; статистичні моделі

Вступ. Континентальність клімату є однією із найбільш ємких і важливих його характеристик, однак в науковій літературі домінують традиційні підходи до її оцінки. Проникнення в практику кліматологічного аналізу елементів математичної статистики вимагає всебічного вивчення не тільки окремих метеорологічних величин і явищ, але й інтегральних властивостей клімату, які максимально сконцентровані в понятті його континентальності.

Постановка та актуальність проблеми. Головні відмінності між кліматами материків та океанів відомі здавна. Вважають, що традицію кількісної оцінки цих відмінностей започаткував Дове ще в 1852 р. [2]. Він запровадив не тільки поняття ізомал широтних температур, але і метод їх картографічного представлення з допомогою ізаритмів, який відтоді став загальноприйнятим.

Разом з тим, практика показала, що відхилення середньої місячної температури в окремих пунктах від її середньої величини на відповідній широті не завжди вдало відображає залежність клімату від океанічних та материкових впливів. Продуктивнішим виявився підхід В. Ценкера (1888), який ґрунтується на використанні річних амплітуд температури повітря, скоректованих на географічну широту. У подальшому його розвивали Л. Горчинський, Г. Лаутензах, М.М. Іванов, С.П. Хромов, інші дослідники.

Загальні закономірності географічного розподілу річної амплітуди температури повітря в Україні досліджували З.С. Бондаренко і С.Ф. Рудишина [1]. Континентальність клімату України вивчали П.І. Колісник, а також В.І. Затула та Н.І. Затула [3, 4]. В останній роботі докладно розглядалася залежність середньої річної амплітуди температури, яка зазвичай використовується для оцінки континентальності клімату, від географічних координат метеорологічних станцій. В даній статті будуть представлені результати аналогічного дослідження, але уже безпосередньо щодо індексу континентальності клімату С.П. Хромова.

Об'єкт дослідження – континентальність клімату України.

Основною метою роботи є характеристика закономірностей географічного розподілу індексу континентальності клімату Хромова в Україні за кліматологічний стандартний період 1961-1990 рр.

Матеріал і методи досліджень. Представлені в роботі результати отримано шляхом статистичного опрацювання середньої річної амплітуди температури повітря та індексу континентальності С.П. Хромова на усіх метеорологічних

станціях України за період 1961-1990 рр. Використовувалися можливості інструментів графічного і регресійного аналізу, реалізованих в пакеті програм "Microsoft Excel". При цьому результати дослідження в деяких регіонах країни деталізувалися з урахуванням новітньої схеми фізико-географічного районування України О.М. Маринича і П.Г. Шищенка [6].

Виклад основного матеріалу. Поняття континентальності або океанічності клімату у найбільш загальному вигляді відображають сучасні уявлення про характерні особливості клімату, зумовлені сукупним впливом материків та океанів на формування і трансформацію повітряних мас та процеси кліматоутворення в цілому. Порівняно з морськими акваторіями, на материках на тлі більш чіткої зміни пір року скорочується тривалість перехідних сезонів, зменшується частота проходження циклонів, збільшуються періодичні (річні і добові) і неперіодичні (міждобові) коливання температури повітря, зростає нестійкість у випадінні опадів при одночасному зменшенні їх кількості, послаблюється швидкість вітру, в умовах підвищеної інсоляції (улітку і вдень) зростає сухість повітря і зменшується хмарність тощо. При цьому з віддаленням від берегової лінії в глибину материка континентальність клімату посилюється [2, 4, 5].

З метою кількісної оцінки ступеня континентальності клімату застосовуються спеціальні показники – індекси континентальності клімату, які зазвичай ґрунтуються на використанні річної амплітуди температури повітря. До їх числа належить і індекс континентальності С.П. Хромова:

$$K_{Хр} = \frac{A_p - 5,4 \sin \varphi}{A_p} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $K_{Хр}$ – індекс континентальності клімату Хромова, відсотків; A_p – амплітуда річного ходу температури у даному пункті, °С; φ – географічна широта, град.

Хоча до рівняння (1) і входить географічна широта пункту спостереження, однак сам показник континентальності побудований таким чином, що об'єктивно відображає послаблення океанічних впливів з просуванням в глиб континенту. Іншими словами, індекс континентальності більшою мірою залежить від географічної довготи, ніж від широти.

Ступінь і характер цієї залежності можна оцінити кількісно з допомогою методів регресійного аналізу – парного та множинного. Метод парної лінійної регресії дозволить оцінити залежність індексу континентальності клімату від окремих складових географічного положення метеорологічної станції – її довготи, широти та висоти над рівнем моря, а метод множинної лінійної регресії – від географічних координат в цілому.

Між географічною довготою та індексом континентальності клімату існує тісна лінійна залежність, яку можна подати у вигляді

$$K_{Хр} = ax + b, \quad (2)$$

де $K_{Хр}$ – індекс континентальності клімату С.П. Хромова, відсотків; x – досліджуваний фактор впливу (у даному випадку географічна довгота, град.); a і b – деякі безрозмірні коефіцієнти.

Отримане рівняння лінійної регресії для усіх 187 метеорологічних станцій України характеризується додатним кутовим коефіцієнтом ($a=0,2548$) лінії регресії та значною тісністю зв'язку (коефіцієнт детермінації $R^2=0,500$). Водночас, невелика кількість станцій, які лежать окремо від отриманої лінії регресії, явно не вписуються у побудовану модель залежності. Аналіз просторових атрибутів цих станцій дозволив встановити основну причину специфічності їх кліматичного режиму, а саме високе гіпсометричне положення. Однак, як з'ясувалося,

механічний поділ усієї сукупності станцій на гірські та рівнинні не вичерпує усіх їх відмінностей. Глибше вивчення питання дозволило виділити чотири основні групи пунктів спостереження, які характеризується різною формою та тісністю шуканої залежності (рис. 1, табл. 1). При цьому матеріали дослідження по групі станцій «Українські Карпати» деталізовано для районів Закарпатської низовини, Прикарпаття та власне Українських Карпат.

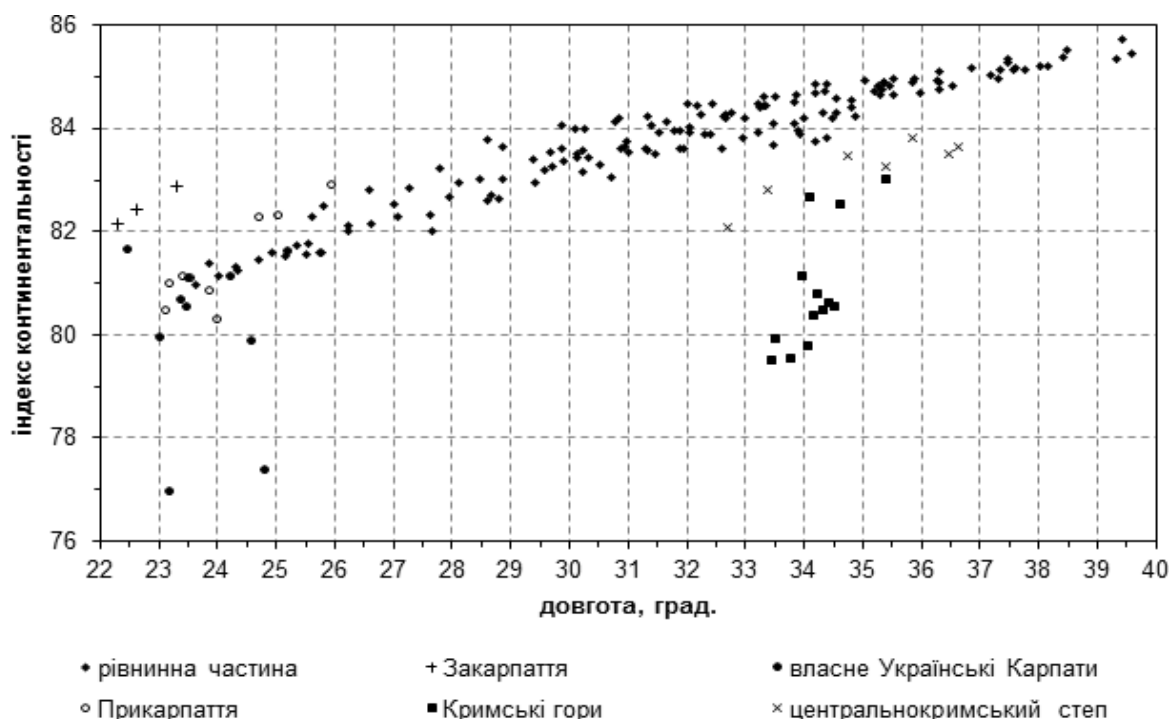


Рис. 1. Залежність індексу континентальності клімату С.П. Хромова від довготи

Таблиця 1. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність індексу континентальності клімату С.П. Хромова 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>	<i>R</i> ²
1	рівнинна територія України (основна)	145	0,2732	75,088	0,910
2	Українські Карпати	22	0,0941	78,715	0,004
2а	Закарпатська низовина	3	0,716	66,198	0,999
2б	власне Українські Карпати	10	-0,1641	84,002	0,008
2в	Прикарпаття	9	0,8238	61,551	0,762
3	Кримські гори	13	1,7042	22,578	0,521
4	центрально-кримський степ	7	0,3569	70,740	0,799
1-4	Україна в цілому	187	0,2548	75,286	0,500

Аналіз рис. 1 і табл. 1 показує, що внаслідок переважання в середніх широтах західно-східного перенесення повітряних мас, на більшій частині території країни (за винятком високігорних районів Українських Карпат) ступінь континентальності зростає зі збільшенням географічної довготи, а отже з віддаленням від Атлантики у глибої Євразії. Особливо чітко ця закономірність простежується в межах Закарпатської низовини та Східноєвропейської рівнини, де коефіцієнт детермінації наближається до одиниці, а також на Прикарпатті ($R^2=0,762$) в Кримських горах ($R^2=0,521$).

З просуванням в глиб материка ступінь континентальності клімату найшвидше змінюється в Кримських горах ($a \approx 1,7$), у Прикарпатті ($a \approx 0,8$) і на Закарпатській низовині ($a \approx 0,7$). Дещо інтенсивніше, ніж на основній частині рівнинної території країни, ступінь континентальності клімату посилюється в центральних степових районах Криму. При цьому, як це видно з карти географічного розподілу індексу континентальності клімату [3], за винятком Кримських гір і власне Українських Карпат, типові значення ступеня континентальності в різних регіонах країни майже не відрізняються, коливаючись переважно в межах від 80 до 85,5 %.

Помітне відхилення ізоліній індексу Хромова від меридіонального простягання вказують на необхідність аналізу його зміни з широтою. Відповідні результати представлено на рис. 2 і в табл. 2.

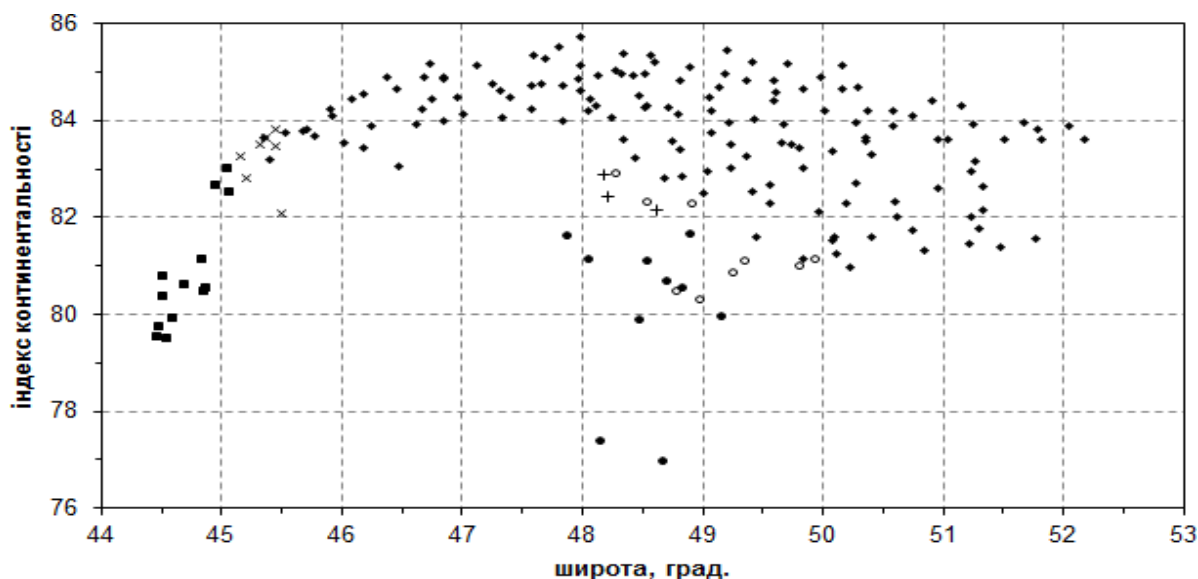


Рис. 2. Залежність індексу континентальності клімату С.П. Хромова від широти
Умовні позначення як на рис. 1

Як і слід було очікувати, в більшості розглядуваних районів залежність індексу континентальності від широти виявилася значно слабшою, ніж від довготи. Значно тіснішою вона є тільки в Кримських горах, що пояснюється особливостями географічного положення, орографії і циркуляції атмосфери в районі їхнього розташування. На відміну від решти регіонів, сумісний вплив цих факторів зумовлює тут прямий характер залежності.

З рис. 2 видно також, що для усієї території України, і рівнинної її частини зокрема, зв'язок індексу континентальності і географічної широти краще описується поліноміальною залежністю. Тому представлені в табл. 2 оцінки параметрів лінійної регресії не є показовими. Разом з тим, сумісні дані табл. 1 і 2 кількісно оцінюють загальне зростання континентальності клімату в Україні із заходу і північного заходу на схід і південний схід.

Як і слід було очікувати, в більшості розглядуваних районів залежність індексу континентальності від широти виявилася значно слабшою, ніж від довготи. Значно тіснішою вона є тільки в Кримських горах, що пояснюється особливостями географічного положення, орографії і циркуляції атмосфери в районі їхнього розташування. На відміну від решти регіонів, сумісний вплив цих факторів зумовлює тут прямий характер залежності.

Таблиця 2. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність індексу континентальності клімату С.П. Хромова від географічної широти 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)	145	-0,2809	97,562	0,1865
2	Українські Карпати	22	-0,1968	90,64	0,005
2а	Закарпатська низовина	3	-1,2197	147,43	0,667
2б	власне Українські Карпати	10	-0,1019	85,044	0,001
2в	Прикарпаття	9	-0,8921	125,18	0,2918
3	Кримські гори	13	4,5521	-122,72	0,7424
4	центрально-кримський степ	7	-0,4407	103,23	0,009
1-4	Україна в цілому	187	0,0380	81,41	0,002

З рис. 2 видно також, що для усієї території України, і рівнинної її частини зокрема, зв'язок індексу континентальності і географічної широти краще описується поліноміальною залежністю. Тому представлені в табл. 2 оцінки параметрів лінійної регресії не є показовими. Разом з тим, сумісні дані табл. 1 і 2 кількісно оцінюють загальне зростання континентальності клімату в Україні із заходу і північного заходу на схід і південний схід.

Дуже сильно на континентальність клімату впливає висота над рівнем моря (рис. 3 і табл. 3).

Зі зростанням висоти річна амплітуда температури повітря, а відтак і ступінь континентальності клімату, зазвичай зменшується. Це правило не працює тільки у двох регіонах з найменшою кількістю метеостанцій (Закарпатській низовині і центрально-кримському степу), ймовірно тому, що фактор випадковості часто проявляє себе саме у невеликих вибірках даних. Разом з тим, основною причиною цієї невідповідності цілком може бути неврахування форми рельєфу – додатної чи від'ємної.

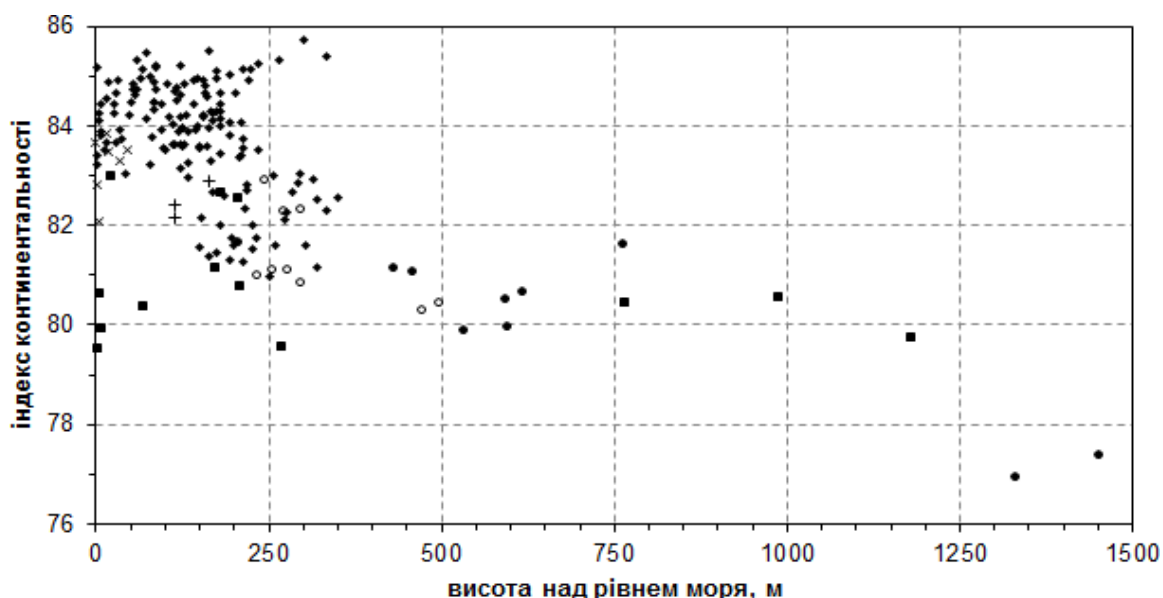


Рис. 3. Залежність індексу континентальності клімату С.П. Хромова від висоти
Умовні позначення як на рис. 1

Таблиця 3. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність індексу континентальності клімату С.П. Хромова від абсолютної висоти 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)	145	-0,0055	84,610	0,170
2	Українські Карпати	22	-0,0038	82,721	0,787
2а	Закарпатська низовина	3	0,0116	80,963	0,842
2б	власне Українські Карпати	10	-0,0038	82,715	0,803
2в	Прикарпаття	9	-0,0056	83,148	0,368
3	Кримські гори	13	-0,0008	81,086	0,066
4	центрально-кримський степ	7	0,0126	83,024	0,140
1-4	Україна в цілому	187	-0,0049	84,174	0,385

Зауважимо, що вплив гіпсометричного положення на ступінь континентальності клімату найбільше відчувається у Прикарпатті і безпосередньо в Карпатах. З огляду на велике значення коефіцієнта детермінації ($R^2=0,385$), цей фактор достатньо потужно виявляє себе на усій території України.

Таким чином, метод парної лінійної регресії підтвердив значимість впливу кожного із трьох розглядуваних елементів географічного положення на величину індексу континентальності станції. Інтегральним виразом сукупного впливу цих елементів на континентальність клімату України може слугувати така модель множинної регресії:

$$K_{Хр} = 0,2338\lambda + 0,2368\varphi - 0,0031h + 65,096, \quad (3)$$

де $K_{Хр}$ – індекс континентальності клімату С.П. Хромова, відсотків; λ і φ – географічні координати (довгота і широта) метеорологічної станції, град; h – висота над рівнем моря, м.

Коефіцієнт детермінації цього рівняння регресії дорівнює 0,715, що вказує на тісний зв'язок між чинниками впливу і залежною від них величиною індексу континентальності клімату. Невипадковий характер виявленого взаємозв'язку між залежною і незалежними величинами підтверджується і високим значенням F-статистики (152,8). Обчислені для рівня значущості $\alpha = 0,01$ значення t-статистики значно перевищують критичне значення 2,603 і вказують на статистичну значущість отриманих коефіцієнтів та корисність усіх змінних для практичного використання запропонованої моделі множинної регресії.

Висновки. На підставі викладених вище результатів дослідження можна дійти таких висновків. Індекс континентальності клімату С.П. Хромова суттєво залежить від географічного положення метеорологічних станцій, а саме довготи, широти та висоти над рівнем моря. Застосовані в роботі методи парного і множинного регресійного аналізу дозволили не тільки встановити характер і тісноту цієї залежності, але й виділити в Україні окремі фізико-географічні райони за їх кліматичними особливостями.

Актуальним напрямком розвитку дослідження є оцінка континентальності клімату наведеними методами в сучасний період.

Список літератури

1. Бабиченко В. Н. и др. Температура воздуха на Украине / В. Н. Бабиченко, С. Ф. Рудышина, З. С. Бондаренко, Л.М. Гуцина / Под ред. В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 400 с. 2. Блютген И. География климатов: Пер. с нем. – 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. *Колісник П.І.* Континентальність клімату України // Вісник Київ. ун-ту. Географія. – 1980. – Вип. 22. – С. 36-41. 5. *Хромов С.П.* Метеорологический словарь / Хромов С.П., Мамонтова Л.И. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 568 с. 6. *Маринич О.М.* Фізична географія України / Маринич О.М., Шищенко П.Г. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2003. – 479 с.

Дослідження залежності ступеня континентальності клімату України від географічного положення методами регресійного аналізу

Затула В.І., Затула Н.І.

Оцінено вплив географічного положення на континентальність клімату в окремих регіонах України. Побудовано регресійні моделі індексу континентальності клімату С.П. Хромова залежно від географічних координат та абсолютної висоти станцій.

Ключові слова: континентальність клімату; індекс континентальності клімату Хромова; регресійний аналіз; статистичні моделі.

Исследование зависимости степени континентальности климата Украины от географического положения методами регрессионного анализа

Затула В.И., Затула Н.И.

Оценено влияние географического положения на континентальность климата в отдельных регионах Украины. Построены регрессионные модели индекса континентальности климата С.П. Хромова в зависимости от географических координат и абсолютной высоты станций.

Ключевые слова: континентальность климата; индекс континентальности климата Хромова; регрессионный анализ; статистические модели.

The research of dependence of climate continentality in Ukraine on geographical location with methods of regression analysis

Zatula V.I., Zatula N.I.

The influence of geographical location on the climate continentality in different regions of Ukraine was estimated. The regression models of Khromov climate continentality index were constructed depending on geographical coordinates and the absolute altitude of the stations.

Keywords: climate continentality; Khromov climate continentality index; regression analysis; statistical models.

Надійшла до редколегії 27.01.2015

УДК 504.4 : 54

Горун В.В., Юрасов С.Н.

Одесский государственный экологический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ДАМПИНГА ГРУНТОВ ДНОУГЛУБЛЕНИЯ

Ключевые слова: оптимизация, целевая функция, дампинг грунтов, подводный отвал, шельф.

Введение. Ежегодно на украинской части шельфа Черного моря при поддержании навигационных глубин на подходных каналах к морским и речным портам изымаются сотни тысяч кубических метров грунта. Существенное снижение объемов дноуглубительных работ или их приостановка невозможны, так как дноуглубление является жизненно важной потребностью функционирования портов. В сложившейся ситуации, когда с одной стороны – при отсутствии альтернативы необходимо складировать грунты в подводные отвалы, с другой – наносится ущерб водным экологическим системам, актуальной является задача оптимизации дампинга, состоящая в выборе на акватории наиболее подходящего

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)

места отвала грунта для рассматриваемого объекта дноуглубления.

Анализ последних исследований. Критерии районов дампинга впервые были отражены в Лондонской Конвенции 1972 г. и развиты в дальнейшем работами ГОИНа. А.А. Гончаровым [1] была предложена оптимизационная численная модель для выбора места отвала грунтов дноуглубления с учетом характерных условий распространения взвеси. На сегодняшний день для поиска районов пригодных для дампинга используется ГИС «Дампинг» [2], в которой учитывается гидрологическая структура и динамика вод, режим ветра и ветрового волнения, рельеф дна и характеристика донных отложений, гидрохимические показатели воды, геохимические характеристики донных отложений и грунтов дноуглубления, гидробиологическая характеристика донного биоценоза, навигационная и гидрографическая обстановка.

Однако, информация, получаемая при использовании этого ГИС-пакета, не позволяет выбрать район и точку в районе, где были бы оптимально сбалансированы затраты на поддержание навигационных глубин с ущербом, наносимым водным экосистемам. Кроме того, в ГИС «Дампинг» ничего не упоминается о требованиях к качеству морской среды после сброса грунта ни по содержанию его фаз, ни по содержанию загрязняющих веществ (ЗВ) на контрольном расстоянии (КР) от точки сброса (ТС). Поэтому для решения поставленной задачи открытым вопросом является разработка метода оптимизации дампинга грунтов дноуглубления, который бы включал экологическую и экономическую составляющие.

Материалы и методы исследования. Дампинг грунтов дноуглубления осуществляется при выполнении двух необходимых условий:

- ограничение содержания фаз грунтов в соответствии с нормативным документом [3];
- ограничение содержания ЗВ в облаке повышенной мутности на КР от ТС в соответствии с рыбохозяйственными нормами [4].

Первое условие проверяется при получении разрешения на дампинг грунтов на основании лабораторных исследований [3]. Второе – на основании результатов математического моделирования.

Информацию ГИС «Дампинг» по районам и два последних ограничения следует рассматривать как условия необходимые для осуществления дампинга. При их соблюдении поиск оптимального решения следует выполнять по целевой функции, включающей экологическую и экономическую составляющие.

В отдельных случаях одна из составляющих (или обе) может быть исключена, вместе с этим будет изменяться и функция поиска оптимума. Поэтому выбор оптимального района или оптимальной точки расположения отвала в районе можно осуществить с использованием следующих показателей:

- а) по приведенным затратам, включающим затраты по флоту при доставке грунта к отвалу и ущерб водным биоресурсам после сброса грунта;
- б) по ущербу водным биоресурсам после сброса грунта;
- в) по кратности разбавления ЗВ в облаке повышенной мутности на КР от ТС грунта;
- г) по расстоянию от дноуглубительных работ до места дампинга.

Таким образом, концептуально оптимизацию дампинга можно сформулировать следующим образом.

Дампинг грунтов в рассматриваемой точке будет оптимальным, если выполняются необходимые (все) и достаточные (одно из четырех) условия его осуществления.

Необходимые условия (определяющие возможность дампинга):

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)

– через 4 часа после сброса концентрация фаз грунта ни в зоне первоначального смешения, ни за ее пределами не должна превышать $0,01LC_{50}$ (где LC_{50} – средняя летальная концентрация фазы) [3];

– в облаке повышенной мутности на КР от ТС (250 м, если оно не оговорено специально в исходных данных) концентрация ЗВ, попавших в воду, не должна превышать рыбохозяйственные нормативы [4];

– район расположения перспективной точки отвала, выбранный с помощью ГИС «Дампинг», должен быть с максимальными значениями суммарного балла [2].

Достаточные условия (оптимизирующие):

– минимум суммарных приведенных затрат, включающих затраты по флоту и ущерб экологической системе от сброса грунтов, в общем случае;

– минимум экологического ущерба от сброса грунтов, если расстояние до отвалов по вариантам отличается незначительно;

– максимум кратности разбавления попавших в воду веществ в облаке повышенной мутности на КР от ТС, если расстояние до отвалов и значения гидробиологических показателей в точках их расположения по вариантам отличаются незначительно;

– минимум расстояния до отвалов, если значения гидробиологических показателей в точках расположения отвалов по вариантам отличаются незначительно.

Рассмотрим общий случай оптимизации.

а) При решении оптимизационных задач, связанных с какой-либо хозяйственной деятельностью, в качестве целевой функции часто используют приведенные затраты. В таком случае при поиске оптимального решения в целевую функцию по вариантам включают: капиталовложения в объекты хозяйственной деятельности, приведенные к расчетному году; текущие эксплуатационные расходы по упомянутым объектам; различные виды ущербов и потерь, связанные с рассматриваемой хозяйственной деятельностью. При этом постоянные составляющие по вариантам исключают.

Проанализируем приведенные затраты по поддержанию навигационных глубин на каналах. Для этого весь процесс дноуглубительных работ разделим на две части: 1 – изъятие грунта из канала; 2 – транспортировка изъятых грунтов к месту расположения отвала и его сброс.

Для существующих каналов при выполнении ремонтного черпания первая часть работ имеет однозначную пространственную привязку. Здесь можно рассматривать варианты технологии дноуглубления и сроки проведения этих работ с целью нанесения наименьшего ущерба водным биоресурсам, учитывая при этом условия техники безопасности. Технология выполнения дноуглубительных работ является отдельным весьма сложным вопросом, который не является предметом настоящего исследования, поэтому в рамках решаемой задачи ее будем считать заданной. Таким образом, расходы по дноуглубительным работам (вместе с ними и ущерб водным биоресурсам при выполнении дноуглубительных работ) в нашей целевой функции будут постоянной величиной, которую можно не рассматривать.

Вторая часть работ связана с расходами по флоту при доставке грунта к отвалу (экономическая составляющая) и с ущербом водным биоресурсам после сброса грунта (экологическая составляющая). Целевая функция и принцип выбора оптимального варианта при работе многочерпакового земснаряда будут иметь вид

$$E = T_d \cdot \Delta K_{\text{ш}} / 365 + \Delta \text{ш} + Y_{\text{БР}} = \min, \quad (1)$$

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)

где T_d – продолжительность дноуглубительных работ, сут.;
 $Ш_K$ – предполагаемое количество шаланд для перевозки грунта в караване;
 $K_{Ш}$ – балансовая стоимость шаланд, тыс. грн;
 δ – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капиталовложений на морском транспорте, принимается равным 0,12 [5];
 $\mathcal{E}_{Ш}$ – суточные эксплуатационные расходы по шаландам, тыс.грн./сут.;
 $У_{БР}$ – ущерб биоресурсам, тыс. грн.
 Потребное количество шаланд $Ш_{Пi}$ в земкараване для работы земснаряда без простоев рассчитывается в соответствии с РД 31.74.08-85 [6] по формулам:

$$Ш_{П1} = t_{Ц} / [t_{ПОДХ} + t_{ОТХ} + t_3], \quad (2)$$

$$Ш_{П2} = t_{Ц} / t_3, \quad (3)$$

где $Ш_{П1}$, $Ш_{П2}$ – потребное количество шаланд в земкараване при работе земснаряда на один или на два борта соответственно;

$t_{Ц}$ – продолжительность цикла шаланды, ч;
 $t_{ПОДХ}$, $t_{ОТХ}$ – продолжительность подхода шаланды к земснаряду и отхода от него, ч [7];
 $t_3 = K_{ТР} W_{ТР} / (q_{ЗС} K_P)$ – продолжительность загрузки шаланды;
 $K_{ТР}$ – коэффициент использования вместимости грунтового трюма [7];
 $W_{ТР}$ – вместимость грунтового трюма, м³ [7];
 $q_{ЗС}$ – нормативная часовая производительность земснаряда, м³/ч [7];
 K_P – коэффициент разрыхления грунта [7].
 Продолжительность цикла шаланды равна

$$t_{Ц} = t_3 + S/v_1 + S/v_2 + t_P + t_{ПОДХ} + t_{ОТХ}, \quad (4)$$

где S – расстояние до отвала, км;
 v_1 , v_2 – скорость шаланды в грузу и порожнем, км/ч [7];
 t_P – продолжительность разгрузки шаланды, ч [7].
 Продолжительность дноуглубительных работ T_d рассчитывается по формуле

$$T_d = W_d / [(24 - T_{ОСТ}) q_{ЗС} K_{ТР} K_{Ш}], \quad (5)$$

где W_d – объем черпания по объекту, м³;
 $T_{ОСТ}$ – суммарное нормативное время остановок работы земснаряда за сутки, ч;

$K_{Ш} = Ш_K / Ш_{Пi}$ – коэффициент недостатка шаланд.

В суммарное суточное нормативное время остановок работы земснаряда включается: установка, снятие и завозка якорей; снабжение топливом и водой; пропуск судов; гидрометеорологические причины и прочее.

При выполнении дноуглубительных работ самоотвозными землесосами целевая функция будет иметь вид

$$E = T_d (\delta K_3 / 365 + \mathcal{E}_3) + У_{БР} = \min, \quad (6)$$

где K_3 – балансовая стоимость землесоса, тыс.грн.;
 $\mathcal{E}_3$ – суточные эксплуатационные расходы по землесосу, тыс.грн./сут.
 Продолжительность дноуглубительных работ рассчитывается по формуле

$$T_d = W_d / (24q), \quad (7)$$

где q – производительность самоотвозного землесоса, м³/ч.

В общем случае q рассчитывается по формулам [6]:
при работе с переливом –

$$q = [W_{TP} + Q_{CM} P_C t_{ПЕР} K_Y] / t_{Ц}, \quad (8)$$

при работе без перелива –

$$q = [Q_{CM} P_{П} t_{ГР} K_Y + W_{ГР} (1 - K_Y)] / t_{Ц}, \quad (9)$$

где W_{TP} – вместимость трюма землесоса, м³;
 Q_{CM} – подача грунтовых насосов по смеси, м³/ч;
 P_C – консистенция смеси, сливаемой за борт;
 $t_{ПЕР}$ – продолжительность перелива, ч;
 K_Y – коэффициент уноса грунта течением;
 $t_{Ц}$ – продолжительность цикла землесоса, ч;
 $P_{П}$ – консистенция смеси, подаваемой в трюм;
 $t_{ГР}$ – продолжительность грунтозабора, ч;
 $W_{ГР}$ – объем грунта в трюме в состоянии естественного залегания, м³.
 Продолжительность цикла землесоса рассчитывается по формуле [6]

$$t_{Ц} = t_{ГР} + t_{РАЗ} + t_X + t_{УСТ} + t_{РАЗГ}, \quad (10)$$

где $t_{РАЗ}$ – продолжительность разворотов при смене галсов, ч;
 t_X – продолжительность хода землесоса на отвал и обратно, ч;
 $t_{УСТ}$ – продолжительность съемки и установки землесоса, ч;
 $t_{РАЗГ}$ – продолжительность разгрузки трюма, ч.

Уменьшим количество составляющих в (6), подставив в его первое слагаемое выражения (7), (8) или (9) и (10)

$$T_D (\delta K_3 / 365 + \mathcal{E}_3) = a [t_{ГР} + t_{РАЗ} + t_X + t_{УСТ} + t_{РАЗГ}], \quad (11)$$

где $a = W_D (\delta K_3 / 365 + \mathcal{E}_3) / \mathfrak{e}$;
 $\mathfrak{e} = 24 [W_{TP} + Q_{CM} P_C t_{ПЕР} K_Y]$ – при работе с переливом; (12)
 $\mathfrak{e} = 24 [Q_{CM} P_{П} t_{ГР} K_Y + W_{ГР} (1 - K_Y)]$ – при работе без перелива. (13)

В формуле (11) величины $t_{ГР}$, $t_{РАЗ}$, $t_{УСТ}$ и $t_{РАЗГ}$ не зависят от расстояния до перспективных точек отвала, эти слагаемые можно не учитывать в целевой функции, тогда (6) можно записать в виде

$$E = W_D t_X (\delta K_3 / 365 + \mathcal{E}_3) / \mathfrak{e} + Y_{БР} = \min. \quad (14)$$

Если проделать аналогичную операцию с формулой (1), то ее тоже можно представить в виде (14). В этом случае:

$$t_X = S/v_1 + S/v_2 - \text{время хода шаланды на отвал и обратно}; \quad (15)$$

$$\mathfrak{e} = (24 - T_{ОСТ}) q_{ЗС} (t_{ПОДХ} + t_{ОТХ} + t_3) K_{ТР} K_{Ш} - \text{при работе на один борт}; \quad (16)$$

$$\mathfrak{e} = [(24 - T_{ОСТ}) W_{ТР} K_{ТР}^2] / K_P - \text{при работе на два бота}. \quad (17)$$

Для укрупненных расчетов формулу (14) можно записать в виде:
для земснарядов –

$$E = W_D t_X (\delta K_{Ш} / 365 + \mathcal{E}_{Ш}) K_P / [24 W_{ТР} K_{ТР}^2] + Y_{БР} = \min, \quad (18)$$

для землесосов –

$$E = W_D t_X (\delta K_3/365 + \Xi_3) / [24W_{TP}] + Y_{BP} = \min. \quad (19)$$

В формулах (1), (6), (14), (18) и (19) первое слагаемое зависит от расстояния до перспективной точки отвала. Чем больше это расстояние, тем больше приведенные затраты по флоту. Второе слагаемое находится в прямой зависимости от биологической продуктивности района расположения отвала.

б) Если расстояние до перспективных точек по вариантам отличается незначительно, то в формулах (1), (6), (14), (18) и (19) первое слагаемое можно не рассматривать, и поиск оптимального решения представляется возможным выполнить, учитывая только ущерб водным биоресурсам. Оптимальной будет точка с минимальным ущербом.

в) Если значения гидробиологических показателей в рассматриваемых точках расположения отвалов и расстояние до них по вариантам отличаются незначительно, то формулы (1), (6), (14), (18) и (19) использовать нельзя. В этом случае в качестве функции поиска оптимума можно использовать показатель кратности разбавления ЗВ в облаке повышенной мутности на КР от ТС грунта. Оптимальной будет точка с максимальной кратностью разбавления.

г) Если значения гидробиологических показателей в рассматриваемых точках расположения отвалов по вариантам примерно равны, то второе слагаемое в формулах (1), (6), (14), (18) и (19) можно не рассматривать. В этом случае минимум приведенных затрат по флоту будет наблюдаться в точке, ближайшей к месту дноуглубительных работ.

Для всех вариантов поиска оптимального решения необходима надежная информация о характеристиках облака повышенной мутности на КР от ТС грунта. Расстояние от ТС грунта до места оценки качества вод по рыбохозяйственным нормам для пресноводных водоемов составляет не более 500 м. Для прибрежных вод морей это расстояние составляет 250 м (за исключением отдельных случаев).

Практическое использование предлагаемой методики. Для МТП «Керчь» необходимо было рассмотреть три перспективные точки в Керченском предпроливье и выбрать наиболее подходящую (рис.1).

Диаметр отвалов принят равным 1 морской миле (КР составляет 900 м).

Точка № 1: координаты 45°00'00" СШ и 36°24'24" ВД; средняя глубина (H_{CP}) – 16,0 м; средняя скорость течения (V_{CP}) – 0,10 м/с.

Точка № 2: координаты 45°01'36" СШ и 36°27'12" ВД; H_{CP} = 20,0 м; V_{CP} = 0,20 м/с.

Точка № 3: координаты 45°00'00" СШ и 36°27'12" ВД; H_{CP} = 25,0 м; V_{CP} = 0,15 м/с.

Согласно средневзвешенной суммарной бальной оценке по градации ГИС «Дампинг» I участок набрал 142 балла, II участок – 181 балл и III участок – 174 балла.

Исходя из того, что расстояние до отвалов и значения гидробиологических показателей в точках их расположения по вариантам отличаются незначительно, поиск оптимального решения можно вести по 3-ему достаточному условию (в): по лучшему рассеянию (кратности разбавления) ЗВ, попадающих в морскую среду после сброса грунта. Для этого авторы статьи рекомендуют использовать разработанный ранее ими расчетный модуль «Дампинг-взвесь», в основу которого положено решение дифференциального уравнения турбулентной диффузии взвеси в цилиндрической системе координат [9]. Данный модуль позволяет исследовать распространение полидисперсной взвеси и определить характеристики облака повышенной мутности на КР от ТС грунта.

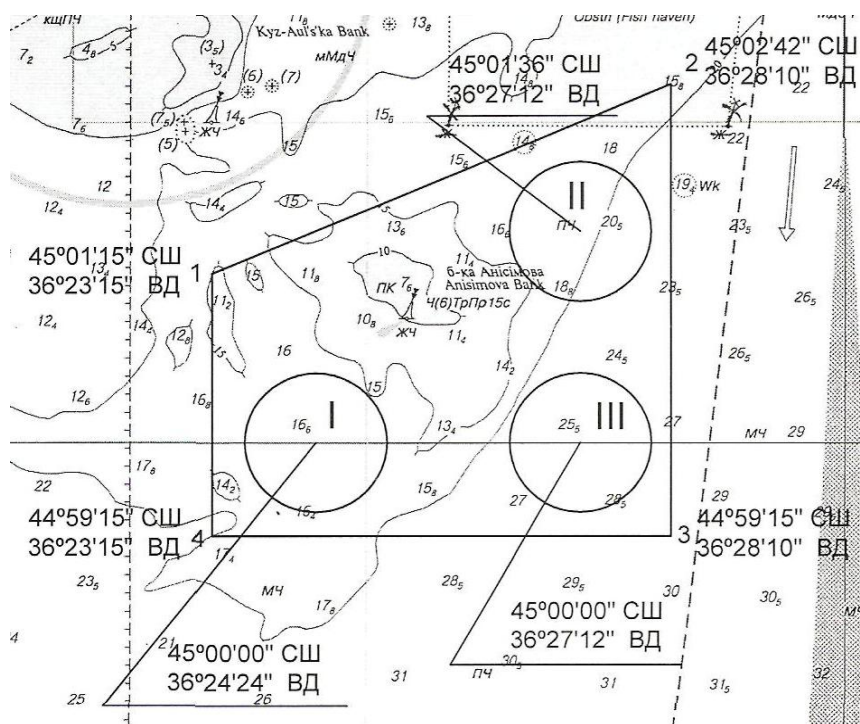


Рис. 1. Расположение перспективных точек отвала грунтов МТП «Керчь» [8]

Исходные данные. Объем залпового сброса грунта из трюма шаланд составляет 500 м³, площадь открываемых ляд трюмов – 100 м². Концентрация взвешенного вещества (ВВ) в ТС грунта принята согласно [10] 600 мг/дм³.

Гранулометрический состав (табл. 1) и результаты химического анализа проб морских донных отложений с акватории Керченского МТП (табл. 2) приняты по данным порта.

Таблица 1. Гранулометрический состав грунтов дноуглубления МТП «Керчь» [8]

№№ проб	Содержание фракций грунта, %							Плотность, т/м ³
	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,10 мм	0,10-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	менее 0,005 мм	
1	6,0	2,0	15,0	21,0	17,0	18,0	21,0	1,40
2	5,0	7,0	14,0	17,0	23,0	19,0	15,0	1,71
3	2,0	7,0	12,0	20,0	18,0	22,0	19,0	1,62
Сред.	4,0	5,0	14,0	19,0	19,0	20,0	19,0	1,56

Таблица 2. Содержание ЗВ в грунтах дноуглубления акватории МТП «Керчь» [8]

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Акватория	ГХФ	Класс
1	Кадмий	мг/кг	0,10	0,30	A
2	Ртуть	мг/кг	0,06	0,40	A
3	Свинец	мг/кг	3,25	20,0	A
4	Цинк	мг/кг	97,1	94,0	II
5	Медь	мг/кг	32,7	40,0	I
6	Железо	мг/кг	14100	36800	—
7	Марганец	мг/кг	372	650	—
8	Хром	мг/кг	48,1	84,0	—
9	Нефтепродукты	мг/кг	295	—	II

В табл. 3 приведены основные параметры зоны повышенной мутности при дампинге в трех рассматриваемых точках.

Из табл. 3 видно, что наиболее предпочтительной является точка III, поскольку рассеяние ЗВ в ней лучше, чем в других точках. На КР это видно по: наибольшей кратности разбавления (14,1); меньшей максимальной концентрации ВВ (29,0 мг/дм³) и железа (0,60 мг/дм³); бóльшим размерам зоны повышенной мутности.

Таблица 3. Основные параметры зоны повышенной мутности на КР при сбросе грунта в перспективных точках I-III

Показатель	Значения показателя по точкам		
	I	II	III
Максимальная концентрация ВВ, мг/дм ³	36,7	36,0	29,0
Общее количество ВВ в % от исходного	53,1	62,9	61,9
Радиус зоны загрязнения по ВВ (при нормативе 0,75 мг/дм ³), м	32,0÷35,8	35,7÷39,5	37,6÷41,4
Площадь зоны загрязнения по ВВ, м ²	3220÷4020	4000÷4900	4440÷5380
Кратность разбавления растворенных веществ	9,19	11,4	14,1
Максимальная концентрация железа, мг/дм ³	0,92	0,74	0,60
Радиус зоны загрязнения по железу, м	28,1÷31,9	30,1÷33,9	32,0÷35,7

Кроме того, взаимное расположение точки III и банки Анисимова (рис.1) – биологически более продуктивного участка по сравнению с окружающими участками дна, таково, что в результате преимущественного переноса водных масс из Черного моря в Азовское море и наоборот, дампинг грунтов в точке III не будет влиять на банку Анисимова.

Выводы.

1. Оптимизацию дампинга грунтов дноуглубления следует выполнять с использованием целевой функции, которая включает экономическую составляющую – приведенные затраты по флоту, связанные с доставкой грунта к отвалу, и экологическую составляющую – ущерб водным биоресурсам, возникающий от гибели живых организмов из-за сброса грунта. Оптимальным является вариант с минимумом приведенных затрат.

2. В зависимости от сложившихся условий выбор оптимального решения можно осуществить по минимуму экологического ущерба, если расстояние до отвалов по вариантам отличается незначительно; по максимуму кратности разбавления ЗВ в облаке повышенной мутности на КР от ТС грунта, если расстояние до отвалов и значения гидробиологических показателей в точках их расположения по вариантам отличаются незначительно, и по минимальному расстоянию до места отвала, если значения гидробиологических показателей в точках расположения отвалов по вариантам отличаются незначительно.

3. Практическое использование разработанного метода оптимизации дампинга грунтов дноуглубления позволило определить из трех перспективных для организации отвала участков МТП «Керчь» оптимальную точку дампинга грунтов – точку III, поскольку рассеяние ЗВ в ней лучше, чем в других точках.

Список литературы

1. Гончаров А. А. Выбор места сброса грунта с учетом экологически значимых зон на примере Пярнуского залива / А. А. Гончаров, М. А. Кравчук // Итоги исследований в связи

со сбросом отходов в море. – М.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 79–89. 2. *Калиниченко В.И.* Современная методология выбора участков дампинга грунтов дноуглубления / В. И. Калиниченко, В. Е. Рыжко, В. Н. Кадури // Материалы III Международной конференции «Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона», 10-11 октября 2007 г. – Керчь : ЮНИРО, 2008. – С. 115–119. 3. Руководство по организации наблюдений, проведению работ и выдаче разрешений на сброс отходов в море с целью захоронения. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 64 с. 4. Постановка Кабінету Міністрів України від 11 вересня 1996 р. № 1100 «Про Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-%D0%BF>. 5. Прогрессивные показатели технического уровня производства и строительных решений в проектах строительства, реконструкции и технического перевооружения морских портов. РД 31.31.48-88. – М.: В/О Мортехинформреклама, 1988. – 154 с. 6. Техническая инструкция по производству морских дноуглубительных работ. РД 31.74.08-85. – М. : В/О «Мортехинформ-реклама», 1986. – 172 с. 7. Нормы на морские дноуглубительные работы. РД 31.74.09-86. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1986. – 108 с. 8. Керченский филиал ГП «Администрация морских портов Украины». Технические предложения по выбору местоположения подводного отвала и проект подводного отвала грунтов дноуглубления объектов Керченского филиала ГП «АМПУ». – Одеса, 2014. – Т.3. – 53 с. – Арх. № 90414. 9. *Юрасов С. Н.* Математическая модель неустановившейся турбулентной диффузии взвеси в водном потоке / С. Н. Юрасов, В. В. Горун // Метеорологія, кліматологія та гідрологія : Межвід. наук. збірник України / Голов. ред. С. М. Степаненко. – Одеса : Вид-во «ТЕС», 2010. – Вип. 51. – С. 189–199. 10. Изучение влияния дноуглубительных работ и складирования грунта на кормовую базу рыб и ихтиофауну Днепровско-Бугского лимана : отчет (окончательный) / ХГС НАНУ. – Херсон, 2006. – 40 с.

Оптимизация дампинга грунтов дноуглубления

Горун В.В., Юрасов С.Н.

В статье обоснован метод оптимизации дампинга грунтов дноуглубления, в котором сформулированы условия, необходимые и достаточные для его осуществления. При решении оптимизационной задачи в качестве целевой функции использованы приведенные затраты по поддержанию навигационных глубин на подходах каналах. Для МТП «Керчь» найден оптимальный вариант расположения отвала грунта с учетом экологической безопасности и экономических интересов.

Ключевые слова: оптимизация, целевая функция, дампинг грунтов, подводный отвал, шельф.

Оптимізація дампінгу ґрунтів днопоглиблення

Горун В.В., Юрасов С.М.

У статті обґрунтовано метод щодо оптимізації дампінгу ґрунтів днопоглиблення, в якому сформульовано необхідні і достатні умови для його здійснення. При вирішенні оптимізаційної задачі в якості цільової функції використано приведені витрати з підтримання навігаційних глибин на підхідних каналах. Для МТП «Керч» знайдено оптимальний варіант розташування відвалу ґрунту з урахуванням екологічної безпеки та економічних інтересів.

Ключові слова: оптимізація, цільова функція, дампінг ґрунтів, підводний відвал, шельф.

Optimization of soil dumping

Gorun V.V., Urasov S.N.

The article considers method for optimization of soil dumping. The necessary and sufficient conditions for its implementation are formulated. Costs to maintaining depths for navigation of the approach channels are used as the objective function at optimization problem solving. Optimal dumping site with regard to environmental security and economic interests was found for Kerch Commercial Sea Port.

Keywords: optimization, objective function, dumping of soil, dumping site, shelf.

Надійшла до редколегії 23.01.2015

Манукало В.О.

Український гідрометеорологічний інститут

ПРО УЧАСТЬ ПРЕДСТАВНИКІВ УКРАЇНИ У МІЖНАРОДНИХ ЗАХОДАХ ЮНЕСКО ТА ВСЕСВІТНЬОЇ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ З ГІДРОЛОГІЇ ТА ВОДНИХ РЕСУРСІВ У 2014 РОЦІ

У цьому науковому повідомленні подана стисла інформація про результати роботи міжнародних заходів, на яких розглядалися питання виконання програм, що здійснюються під егідою ЮНЕСКО та Всесвітньої метеорологічної організації (далі – ВМО).

21-а сесія Міжурядової ради Міжнародної гідрологічної програми ЮНЕСКО пройшла у період з 18 по 20 червня у Штаб-квартирі ЮНЕСКО (м. Париж, Французька республіка).

Міжнародна гідрологічна програма (далі - МГП) розроблена ЮНЕСКО у 1975 році з метою об'єднання міжнародних зусиль для комплексного дослідження гідрологічних процесів та оцінки водних ресурсів на глобальному та регіональному рівнях, виявлення наслідків людської діяльності на гідросферу. Реалізують МГП окремими етапами (фазами). У 2014 році розпочато виконання восьмої фази.

У роботі 21-ї сесії взяли участь представники: 35 країн – членів МР МГП, 54 країн, які мали статус спостерігачів, 4 спеціалізованих організацій ООН, 3 міжурядових організацій, 3 неурядових організацій, 11 водних інститутів та центрів ЮНЕСКО, а також Секретаріату ЮНЕСКО. Представники України (завідуюча відділом гідрологічних досліджень Українського гідрометеорологічного інституту Л.О.Горбачова та старший науковий співробітник цього відділу В.О. Манукало) взяли участь у роботі сесії як спостерігачі, тобто з дозволу головуючих на засіданнях мали право брати участь у дискусіях, однак не мали права голосування.

Під час роботи сесії були розглянуті наступні питання:

- перевибори голови та заступників голови МР МГП. Головою МР МГП обрано представника Мексика Д. К. Федермана, який замінив на цій посаді представника ФРН Й. Кульмана;

- інституційні зміни в ЮНЕСКО після 2012 р., а саме, зміни у секторі природничих наук та відділі наук про воду;

- виконання резолюцій та рішень, прийнятих на попередній 20-й сесії МР МГП;

- організація виконання восьмої фази МГП (2014-2021pp), яка має назву: «Водна безпека: відповіді місцевим, регіональним та глобальним змінам». Були затверджені напрямки (теми) восьмої фази МГП: «Стихійні лиха, пов'язані з водою та гідрологічні зміни», «Підземні води у середовищі, що змінюється», «Вирішення проблеми нестачі та якості води», «Вода і людські поселення майбутнього», «Екогідрологія, інженерна гармонія для сталого світу», «Водна освіта, ключ до водної безпеки»;

- інститути та центри ЮНЕСКО з водних ресурсів. Прийнято рішення щодо утворення: Міжнародного інституту ЮНЕСКО-ГІДРОЕКС з освіти, створення потенціалу та прикладних досліджень в області водних ресурсів у Бразилії;

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)

Африканського регіонального центру з екогідрології в Ефіопії; Центральної лабораторії з моніторингу стану навколишнього середовища в Єгипті; Центру з комплексного управління водними ресурсами у Греції; Міжнародного центру з комплексного управління басейнами та біоресурсами в посушливих та напівпосушливих районах в Ірані; Регіонального центру вивчення водних ресурсів у Пакистані;

- огляд діяльності у рамках сьомої фази МГП ЮНЕСКО, яка закінчилась у 2013 р.;

- взаємодія з ООН, міжурядовими та неурядовими організаціями.

Представники України взяли участь у обговоренні низки питань, а також мали зустрічі з представниками ряду національних комітетів з МГП ЮНЕСКО, на яких розглянуті питання поглиблення подальшої співпраці.

Ознайомлення зі станом справ в галузі досліджень, які виконують у рамках МГП ЮНЕСКО, дає підставу зробити висновок, що Україна здатна брати активну участь у виконанні восьмої фази МГП. Цьому повинно сприяти створення в Україні Міжвідомчої комісії з виконання Міжнародної гідрологічної програми ЮНЕСКО та Програми з гідрології та водних ресурсів ВМО. Національна академія наук України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій та Український гідрометеорологічний інститут зараз здійснюють організаційні заходи із створення комісії.

Більш детальну інформацію про результати роботи 21-ї сесії МР МГП можна знайти на сайті ЮНЕСКО: <http://www.unesco.org>.

Другий форум з гідрології країн, що входять до Регіональної асоціації – VI (Європа) ВМО відбувся у м. Варшава, Республіка Польща, у період з 23 по 27 вересня 2014 р.

Форуми з гідрології для країн, які входять до Регіональної асоціації - VI є ініціативою ВМО з проведення регулярних зустрічей представників гідрологічних (гідрометеорологічних) служб країн Європи для обговорення проблемних питань, що постали в їх діяльності у зв'язку з необхідністю врахування нового водного законодавства Європейського союзу, а також зменшенням бюджетного фінансування на фоні зростання вимог з боку споживачів до гідрологічної продукції. Перший форум з гідрології Регіональної асоціації –VI ВМО відбувся у 2012 р. у місті Кобленц (ФРН) на базі Федерального інституту з гідрології. Україна не брала участь у цьому заході.

Другий форум з гідрології приймав Інститут метеорології та водного господарства Республіки Польща. У роботі форуму взяли участь: близько 50 представників гідрологічних (гідрометеорологічних) служб Австрії, Азербайджану, Болгарії, Грузії, Італії, Йорданії, Латвії, Македонії, Німеччини, Норвегії, Польщі, Румунії, Сербії, Словенії, Туреччини, Угорщини, України, Фінляндії, Хорватії, Чехії, Швейцарії, Швеції; представники Секретаріату ВМО, а також ряду міжнародних організацій, які опікуються питанням водних ресурсів Європи, зокрема, Європейської економічної комісії ООН, Європейського союзу, Європейської агенції з навколишнього середовища, Дунайської комісії, Міжнародної комісії з гідрології басейну Рейну, Міжнародної комісії басейну річки Сава. За доручення Постійного представника України при ВМО, директора Українського гідрометцентра М.І. Кульбиди у роботі форуму взяв участь автор публікації.

Робота форуму складалась з окремих сесій. Під час *першої сесії* заслухано доповіді: «Інформація про діяльність ВМО із гідрології у рамках Комісії з гідрології, Регіональної асоціації –VI, Програми «Глобальні рамки з кліматичного обслуговування»; «Регіональні пріоритети у реалізації Програми з гідрології та

водних ресурсів ВМО»; «Аналіз існуючих можливостей гідрологічних служб з надання послуг споживачам із прогнозування паводків».

Під час обговорення доповідей учасники відмічали зменшення уваги у ряді країн до гідрологічного напрямку роботи і, як наслідок, зменшення бюджетного фінансування та погіршення стану гідрологічної мережі. Представник України відмітив, що на ефективність гідрологічного розділу роботи, як у цілому на діяльність гідрометеорологічної служби України, негативно впливає відсутність ефективної вертикалі управління та вкрай недостатнє бюджетне фінансування.

Під час *другої сесії* заслухані доповіді: «Операційні процедури технічного обслуговування мереж, узагальнення правил безпеки» (показано погіршення стану утримання гідрометричних мереж як наслідок зменшення фінансування та загострення проблеми з кадрами); «Інвентаризація потреб моніторингу, оптимізація мереж та стратегічне планування» (розглянуті протиріччя між зростаючими потребами споживачів до гідрологічної продукції та необхідністю здійснювати гідрологічну діяльність за умов обмежених фінансово-матеріальних ресурсів); «Приклади з практики проектування мереж» (проаналізовано практичні прийоми, що застосовують для проектування мереж гідрологічних спостережень); «Гармонізація методологій, контроль якості та доступ до даних» (розглянуто питання метрологічного забезпечення проведення гідрологічних спостережень, а також удосконалення процедур доступу до даних); «Відношення гідрологічної спільноти РА - VI до осіб, що приймають рішення, а також інших експертів та наукової спільноти» (розглянуто питання взаємодії з різними категоріями споживачів); «Потреби у гармонізації мереж моніторингу та обробки гідрологічних даних на транскордонних річках» (висвітлені проблеми уніфікації підходів до побудови гідрологічних мереж на транскордонних водотоках); «Удосконалення формалізованих процедур розподілу даних між центрами даних» (представлено досвід роботи Глобального центру даних по стоку ВМО, що функціонує при Федеральному інституті гідрології ФРН); «Спільна мобілізація ресурсів для посилення співробітництва в регіоні» (запропоновано започаткувати новий напрямок у подальшій співпраці, метою якого є залучення більш широкого кола зацікавлених наукових та навчальних організацій, приватного сектору та неурядових структур до регіонального гідрологічного співробітництва).

Під час дискусії присутні доповнили виступи прикладами зі своїх країн. Представник України зробив доповідь: «Гідрологічна служба в Україні: історія розвитку, сучасний стан та нові виклики», у якій охарактеризував загальний стан справ з гідрологічного розділу роботи у гідрометеорологічній службі України.

На *третьої сесії* були заслухані доповіді президента РА-VI ВМО, директора гідрометеорологічної служби Хорватії І. Чачіча, а також представників міжнародних організацій.

Під час *четвертої сесії* було прийнято рішення продовжити діяльність у рамках визначених тематик. Результати діяльності передбачено заслухати на Конгресі ВМО у 2015 р. та на Третньому форумі з гідрології, який запропоновано провести у першому півріччі 2016 р.

Участь представника України у Другому форумі з гідрології РА - VI ВМО дозволила: ознайомитись зі станом справ у Європі в області функціонування мереж гідрологічних спостережень, гідрологічного обслуговування споживачів тощо; довести до відома Секретаріату ВМО проблемні питання, які існують у гідрологічному напрямку роботи гідрометеорологічної служби України; отримати можливість брати участь у подальшій діяльності ВМО, спрямованій на підтримку гідрологічного розділу роботи гідрометеорологічних служб Європи.

Більш детально про результати роботи Другого форуму з гідрології РА – VI ВМО можна ознайомитись на сайті ВМО: <http://www.wmo.int/pages/meetings>.

Про участь представників України в міжнародних заходах ЮНЕСКО та Всесвітньої метеорологічної організації з гідрології та водних ресурсів в 2014 році

Манукало В.О.

В повідомленні представлені підсумки роботи 21-ї сесії Міжурядової ради Міжнародної програми ЮНЕСКО гідрологічної та другого наради Форуму з гідрології для Регіональної асоціації VI ВМО.

Об участии представителей Украины в международных мероприятиях ЮНЕСКО и Всемирной метеорологической организации по гидрологии и водных ресурсов в 2014 г.

Манукало В.О.

В сообщении представлены итоги работы 21-й сессии Межправительственного совета Международной программы ЮНЕСКО гидрологической и второго совещания Форума по гидрологии для Региональной ассоциации VI ВМО.

About the participation of representatives of Ukraine in the UNESCO's and the World Meteorological Organization's international events in the area of hydrology and water resources in 2014

Manukalo V.O.

Results of work of the 21st Session of the Intergovernmental Council of the UNESCO's International Hydrological Program and the Second meeting of the Forum on Hydrology for the WMO's Regional Association VI are presented in the communication.

Надійшла до редколегії 30.12.2014

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

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

Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” запланований до чотирьох випусків на рік. Він є міжвідомчим, готується до видання на базі кафедри гідрології та гідроекології та науково-дослідної лабораторії гідроекології та гідрохімії географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, а також Комісії з гідрології та гідроекології Українського географічного товариства. Постановою Президії ВАК України № 1-01/10 від 13 грудня 2000 р. він включений до переліку фахових періодичних наукових видань за спеціальностями “Географічні науки”.

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

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

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

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

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

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

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

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

Формулювання цілей статті, постановка завдання;

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;

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

Список літератури (*7-10 джерел, в т.ч. інтернет-джерел, оформлених згідно з ДСТУ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації...»*). Посилання на джерела у тексті подаються у квадратних дужках із зазначенням порядкового номера і використаних сторінок.

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

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

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

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

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

Необхідно мати на увазі, що одиниці вимірювання величин і характеристик у статтях треба наводити згідно системи СІ. Зокрема, концентрацію хімічних компонентів у воді – в **мг/дм³** (а не в мг/л).

До тексту статті додаються **3 анотації** – українською, російською і англійською мовами за схемою: 1) назва статті, прізвище та ініціали автора; 2) короткий текст анотації; 3) ключові слова (до 5 слів, розділених крапкою з комою).

Крім того, до статті додаються відомості про авторів згідно зразка:

Прізвище, ім'я, по батькові;

Науковий ступінь та вчене звання;

Місце роботи;

Посада;

Службова адреса;

Контактний телефон, E-mail.

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

УДК 551.49

(кегель 12)

Петренко М.І.

(кегель 12, напівжирний, нахилений)

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

(кегель 11, нахилений)

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ БАСЕЙНУ ДНІПРА (кегель 12, напівжирний)

Через інтервал – **Ключові слова:** не більше 5 слів (кегель 11, нахилений)

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

Після тексту через інтервал підзаголовок **"Список літератури"** (кегель 10, напівжирний), а потім власне список за його наявності (також кегель 10). Список літератури має бути оформлений згідно вимог ДСТУ ГОСТ 7.1-2006 та вимог ВАК України («Бюлетень ВАК України, № 3 від 2008).

Після "Списку літератури" через інтервал – анотації українською, російською і англійською мовами: назва статті, прізвище та ініціали автора, короткий текст анотації, ключові слова (усі – кегель 10).

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Науковий збірник

2015 рік

Том 1 (36)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – С.О. Москаленко

Підписано до друку 17.03.2015
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 300 прим. Зам. № 52-014.



Видавництво географічної літератури “Обрії”

Свідоцтво Держкомінформ України

ДК № 23 від 30.03.2000 р.

Київ, вул. Старокиївська, 10

Тел.: (096) 882-30-30

e-mail: vgl_obrii@ukr.net

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)