

## НОВІ НАПРЯМИ, ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 556.55: 556.16.06

**Ж. Р. ШАКІРЗАНОВА**, д-р геогр. наук, доц.  
Одеський державний екологічний університет  
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016  
[gidro@odeku.edu.ua](mailto:gidro@odeku.edu.ua)

**Ю. С. МЕДВЕДЕВА**, канд. геогр. наук  
Одеська національна морська академія  
вул. Дідріхсона, 8, м. Одеса, 65029  
[medvedieva.onma@gmail.com](mailto:medvedieva.onma@gmail.com)

### МЕТОДИКА ЩОРІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ НАПОВНЕННЯ ОЗЕР УКРАЇНСЬКОГО ПРИДУНАВ'Я В ПЕРІОД ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ

Розроблено практичну схему наповнення внутрішніх водойм Дунайського регіону у весняний період року на основі довгострокового прогнозу шару стоку весняного водопілля в басейнах озер і виконана оцінка величин об'ємів і максимальних рівнів води в них за сучасних умов функціонування.

**Ключові слова:** гідрологічний режим, довгостроковий прогноз, весняне водопілля, максимальні рівні

#### **Shakirzanova Zh. R., Medvedeva Yu. S. The method annual forecasting of filling the lakes ukrainian Danube during spring flood**

Developed a practical scheme of filling of inner water basins Danube Region in the spring on the basis of long-term forecast of runoff layer spring flood in the lakes basins and the estimated value of the volume and maximum levels of water in them in modern operating conditions.

**Key words:** hydrological regime, long-term forecast, spring flood, maximum levels

#### **Шакирзанова Ж. Р., Медведєва Ю. С. Методика ежегодного прогнозирования наполнения озер украинского Придунавья в период весеннего половодья**

Разработана практическая схема наполнения внутренних водоемов Дунайского региона в весенний период года на основе долгосрочного прогноза слоя стока весеннего половодья в бассейнах озер и выполнена оценка величин объемов и максимальных уровней воды в них в современных условиях функционирования.

**Ключевые слова:** гидрологический режим, долгосрочный прогноз, весеннее половодье, максимальные уровни

#### **Вступ**

В межах українського Придунайського регіону розташована група заплавлених озер, найбільшими з яких є Кагул, Картал, Ялпуг з Кугурлуєм, Саф'ян, Катлабух і Китай. Загальна площа водної поверхні озер складає 50 тис.га. Всі озера витягнуті з півночі на південь, що в значній мірі визначає їх гідрологічний і гідрохімічний режим. Тип водосховищ є наливним [1,2].

Головним джерелом водообміну і водооновлення цих озер є р.Дунай. Зв'язок річки з озерами відбувається через шлюзи-регулятори на їх каналах-протоках (рис.1). Невеликі степові річки, які в них впадають, маловодні і пересихають у літню пору року.

Свого часу озера були частиною великої Дунайської затоки. Процес їх трансформації в прісноводні водойми тривав кілька тисяч років у міру заповнення затоки річковими наносами і просування дельти Дунаю на схід. В результаті всі Придунайські озера були відокремлені від Дунаю і його рукавів заболоченою заплавою, а їх водообмін з річкою відбувався через природні протоки, а також шляхом переливу води поверх бровок прируслових валів під час паводків і повеней.

Для захисту населених пунктів, портів споруд, промислових підприємств, сільгоспугідь, рибоводних та меліоративних об'єктів від затоплення в кінці 60-х років минулого століття вздовж українського берега Дунаю був побудований комплекс

протиповеневиx гідротехнічних споруд загальною протяжністю 239 км, в тому числі 215 км дамб та 21 – шлюз, для регулювання, наповнення і скидання води з Придунайських водойм і зрошувальних систем.

На сьогодні озера мають комплексне господарське використання. Рівневий режим Придунайських озер регламентується правилами експлуатації водосховищ і рішеннями міжвідомчих комісій, згідно яких:

- в період весняного водопілля проводиться самопливне наповнення водосховищ водами Дунаю до НПР;
- в осінній період – скид з водосховищ до відміток не нижче РМО;
- в літній період - спрацювання водосховищ на водокористування.

Характерною особливістю водойм є слабкий водообмін в них, який пов'язаний з недостатньо інтенсивним вітровим перемішуванням (особливо у північних частинах), що в свою чергу визначає їх гідрологічний і гідрохімічний режим.

При оцінці водного режиму Придунайських озер в період весняного водопілля слід враховувати, що при скидах через шлюзи річкової води Дунаю, який сам має високі відмітки, в озера додатково надходить ще й місцевий стік тало-дощових вод з їх басейнів та по річках, що живлять водойми. В такому разі при проходженні багатоводних весняних водопіль можливе заповнення водосховищ до відміток вищих за НПУ, вихід води на заплаву і, як наслідок, затоплення прилеглих територій.



Рис. 1 – Картосхема розташування Придунайських озер і шлюзів регуляторів на їх каналах

**Стан проблеми дослідження.** Для забезпечення гарантованого захисту від затоплення при паводках та катастрофічних екологічних умов в українському Придунав'ї созріла необхідність у розробці та впровадженні нового комплексного підходу до протипаводкового захисту, який би в першу чергу забезпечував захист від затоплення найбільш важливих об'єктів – населених пунктів, портових споруд, цінних сільгоспугідь.

З іншого боку, в сучасні десятиріччя площа зрошувальних земель значно зменшилась, але потреба у водовідведенні і підкачці води з Дунаю не відпала. На сьогоднішній час відбувається підвищення мінералізації води у водоймах при зниженні

стоку малих річок та через значне випаровування з поверхні озер. На фоні маловодності останніх років Придунайським озерам погрожує обміління і, як наслідок, підвищення мінералізації води та засолення водойм.

Тому для озер Придунайського регіону розрахунки і прогнози характеристик весняного водопілля як найбільш багатоводної фази поверхневих вод мають винятково важливе значення. Однак, в межах області практично відсутня гідрологічна мережа спостережень, тому методична база прогнозування елементів весняного водопілля недостатньо розроблена. Не здійснюється також і оцінка повторюваності прогнозних величин у багаторічному розрізі.

**Мета роботи** полягає в оцінці можливого наповнення Придунайських озер у весняний період року на основі довгострокового прогнозу стоку весняного водопілля в їх басейнах, визначення величин об'ємів та максимальних рівнів води в них. Це дасть

#### Методи дослідження

Розробка способу можливого наповнення внутрішніх водойм поверхневими талодшовими водами виконувалася в першу чергу на основі довгострокового прогнозування надходження об'ємів стоку весняного водопілля з басейнів водойм і річок, що їх живлять. За обмеженості даних гідрологічних спостережень в Причорноморському регіоні методика дає можливість одержувати прогнозні величини шарів весняного стоку при просторовому узагальненні гідрометеорологічних характеристик [3,4].

Прогнозування ведеться на основі регіональних залежностей шарів стоку від загальних запасів води в сніговому покриві і весняних опадів (виражених у модульних коефіцієнтах), побудованих для гідрологічних створів, які мають часові стокові ряди спостережень. За неоднозначності таких залежностей в методиці прогнозів шарів стоку відбувається передчасне встановлення характеру водності очікуваного весняного водопілля за допомогою методу дискримінантного аналізу. За вектор-предиктором комплексу стокоутворюючих факторів зи-

можливість об'єктивно оцінити ступінь регулювання поверхневих вод ємністю водойм озер за сучасних умов їх функціонування, у тому числі й під час проходження катастрофічно високих весняних водопіль на річках регіону.

мово-весняного періоду (снігозапасів, опадів, температури повітря, промерзання та вологості ґрунтів) знак дискримінантних рівнянь вказує на формування високих, середніх або низьких за водністю водопіль. За цими ознаками здійснюється вибір прогнозної залежності, по якій відбувається встановлення прогнозного модульного коефіцієнта шару стоку водопілля. Слід зазначити, що отримані в методиці коефіцієнти і параметри прогнозної схеми стали, що дає можливість їх використання в межах всієї території північно-західного Причорномор'я.

Перехід від прогнозних модульних коефіцієнтів до величин шарів стоку здійснюється при використанні середньобагаторічних їх значень, що отримуються при регіональних узагальненнях. Встановлення ймовірності настання очікуваних стокових величин у багаторічному періоді відбувається при використанні трипараметричного гамма-розподілу С. Н. Крицького і М. Ф. Менкеля [5] при встановленому для даної території співвідношенні  $C_S / C_V$ .

#### Результати дослідження

Порядок прогнозування шарів стоку весняного водопілля на території при обмеженості даних гідрологічних спостережень в регіоні відбувається шляхом просторового відновлення полів гідрометеорологічних величин (чинників весняного водопілля) на основі картосхем та регіональних залежностей для їх визначення [6].

Для встановлення типу майбутньої весни визначається знак лінійної дискримінантної функції  $DF$ , яка розраховується в дату складання прогнозів за рівнянням

$$DF = a_0 + a_1 k_x + a_2 k_{Q_{n.6}} + a_3 k_L, \quad (1)$$

Де  $A = (a_0, a_1, a_2, a_3)$  – вектор коефіцієнтів дискримінантної функції;  $X = (k_x, k_{Q_{n.6}}, k_L)$  – вектор ознак (вектор-предиктор).

Для розрахунку  $DF$  до вектор-предиктору дискримінантної функції були віднесені такі чинники весняного водопілля

(по відношенню до їх середньобагаторічних величин), як:

а) величини максимальних запасів води в сніговому покриві, які накопичилися на басейні до початку весняного сніготанення і

$$\text{весняні опади } k_x = \frac{S_m + X_1 + X_2}{S_0 + X_{10} + X_{20}};$$

б) індекс зволоження ґрунтів - середньомісячна витрата води перед початком водопілля  $k_{Q_{n.6}} = Q_{n.6} / (Q_{n.6})_0$  в річках розглядуваної території;

в) максимальна глибина промерзання ґрунтів  $k_L = L / L_0$ .

Прогноз модульних коефіцієнтів шарів стоку водопілля в басейнах водойм відповідно знаку дискримінантної функції при формуванні багато-, середньо- або маловодних водопіль відбувається за рівнянням вигляду

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

де  $b_0, b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти поліному.

Перехід до прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля  $Y_m$  здійснюється як

$$Y'_m = k_Y \cdot Y_0. \quad (3)$$

Середньобагаторічні величини шарів стоку весняного водопілля  $Y_0$  в умовах відсутності даних стокових спостережень в басейнах Придунайських озер можуть бути встановлені за рівнянням (в межах рівнинної території України) в залежності від географічного положення водозборів  $\varphi$  (в частках °півн.ш.)

$$Y_0 = 33,0 \cdot \exp[0,32(\varphi^0 - 50)]. \quad (4)$$

Вплив місцевих факторів (залісеності і заболоченості водозборів) на середньобагаторічні величини шарів стоку весняного водопілля у межах Причорноморської низовини слабо відчутний.

При визначенні забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля для річок, що не мають часових рядів спостережень за стоком води коефіцієнт варіації шарів стоку може бути розрахований за рівнянням в залежності від середньобагаторічних значень  $Y_0$

$$(C_v)_Y = 1,62 \left( \frac{Y_0}{5} \right)^{-0,38}. \quad (5)$$

За отриманими величинами  $k_Y$  і  $(C_v)_Y$ , визначених за формулою (5), за таблицею трипараметричного гама-розподілу С.Н.Крицького і М.Ф.Менкеля [5] при  $C_s = 2,5C_v$  знаходиться забезпеченість  $P\%$  очікуваних шарів стоку весняного водопілля.

**Практичні результати** можливого наповнення тало-дошовими водами озер у весняний період року  $W'$  (млн. м<sup>3</sup>) полягають у при визначенні суми складових рівняння водного балансу озера

$$W' = W_{поч} + \Delta W_{вдзб} + \Delta W_{наповн} + X - E, \quad (6)$$

де  $W_{поч}$  – початковий об'єм води у водоймі, що встановлюється за рівнем води у водоймі  $H_{поч}$  перед весняним наповненням її (за кривою об'ємів озера);

$\Delta W_{вдзб}$  – зміна об'єму води у водоймі за період весняного водопілля відносно початкового об'єму, що визначається за прогнозною величиною шару стоку з водозбору озера у період весняного водопілля  $Y'_m$ , який перераховується в об'єм води

$$\Delta W_{вдзб} = Y'_m \cdot F_{вод} / 10^3, \quad (7)$$

$F_{вод}$  – площа водозбору озера, км<sup>2</sup>;

$\Delta W_{наповн}$  – об'єм припливу води з

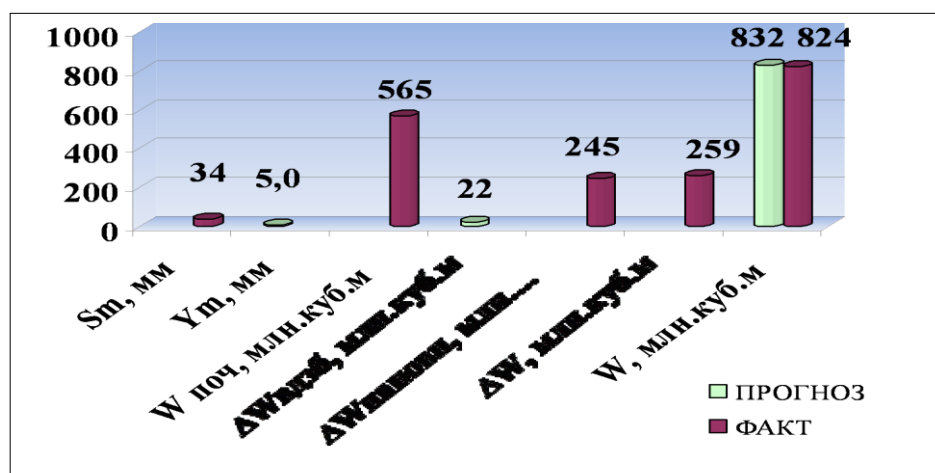


Рис. 2 – Надходження поверхневих вод у весняний період 2010 г. до озера Ялпуг-Кугурлуй, млн. м<sup>3</sup>

р. Дунай самопливним шляхом через шлюзи-регулятори (за графіком пропускної спроможності шлюзів, що встановлюється на нарадах міжвідомчої комісії).

В рівнянні (6) припускалося, що опади на дзеркало водойми  $X$  компенсуються випаровуванням з її водної поверхні  $E$  під час весняного водопілля.

За величиною спрогнозованого об'єму води у водоймі  $W'$  за період весняного водопілля та кривою об'ємів  $W = f(H)$  встановлюється й максимальний рівень води у водоймі  $H'_m$ , м БС.

Очікувана зміна рівня води у водоймі  $\Delta H'$  від початкового до максимального за весняне водопілля визначається як

$$\Delta H' = H'_m - H_{\text{поч}} \quad (8)$$

Реалізація запропонованої схеми розрахунку весняного наповнення деяких з При-

дунайських водосховищ при довгостроковому прогнозуванні об'ємів надходження тало-дощових вод з їх басейнів здійснена для низки років. Для оз. Ялпуг-Кугурлуй в найбільш багатоводне за останні роки весняне водопілля 2010 р. виконані розрахунки показали задовільні результати як по спрогнозованих об'ємах води (рис.2), так і при прогнозі максимальних рівнів води (причому встановлено, що допустима похибка  $(\delta_{\text{дон}})_{H_m} = 0,35\text{м}$ ) – рис.3.

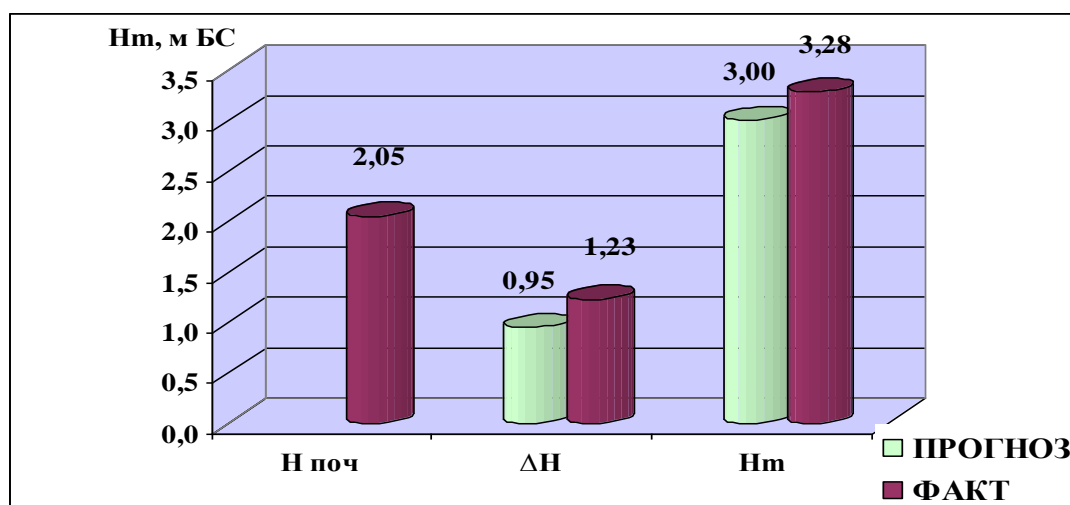


Рис. 3 – Рівні води у весняний період 2010 р. у озері Ялпуг-Кугурлуй, м БС

#### Висновки

Для завчасного визначення надходження поверхневих вод до внутрішніх водойм Придунайського регіону використана методика довгострокового прогнозування шарів весняного водопілля в їх басейнах. Вона дає можливість об'єктивно оцінювати стан ємності водойм під час проходження весняних

водопіль в їх басейнах. Крім того, для Придунайських озер необхідно враховувати весняне надходження води з р.Дунай (наприклад, за графіком пропускної спроможності шлюзів або оберненим розрахунком за опадами та випаровуванням).

#### Література

1. Лиманы Северного Причерноморья / В. С. Полищук, Ф. С. Замбриборщ, В. М. Тимченко и др.; отв. ред. О. Г. Миронов; АН УССР. Ин-т гидробиологии. – К.: Наукова думка, 1990. – 204 с.
2. Тимченко В. М. Эколого-гидрологические исследования северо-западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
3. Гопченко С. Д., Шакірзанова Ж. Р., Медведєва Ю. С. Довгострокове прогнозування надходження тало-дощових вод в Придунайські озера/ 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 ун-т – Одеса: ТЕС, 2012. – С.157-160.

4. Шакірзанова Ж. Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України: Монографія. – Одеса: ООО «Плутон», 2015. – 252 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 447 с.
6. Шакірзанова Ж. Р. Обґрунтування методики довгострокових прогнозів максимального стоку весняного водопілля при недостатній кількості або відсутності гідрометеорологічних спостережень // Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2014. – Вип.724-725 : Географія. – С.106-111.

Надійшла до редколегії 1.04.2015