

### **Критерии оценки гидрологической роли лесов Карпат**

**Олийник В.С.**

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

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

### **Criteria for the hydrological role of forests evaluating in the Carpathians**

**Olijnyk V.S.**

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

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

**Надійшла до редколегії 08.10.2014**

УДК 556.06+551.5

**Бойко В.М.<sup>1</sup>, Петренко Л.В.<sup>1</sup>, Щербак А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Український гідрометеорологічний центр Державної служби України з надзвичайних ситуацій, м. Київ

<sup>2</sup>Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ

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

### **КОРОТКОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЬДОВОГО РЕЖИМУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ ЗА ФІЗИКО-СТАТИСТИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ ICE\_1\_5**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Компоненти прогностичної системи.** Прогностична система (модель) **ICE\_1\_5**, яка є предметом цієї статті, представляє собою практичну реалізацію фізико-статистичних методик короткострокового прогнозування льодових явищ на головних річках і водосховищах України з урахуванням прогнозу температури повітря та швидкості вітру на 10 діб. Ця система була розроблена в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (УкрНДГМІ) у 2003-2005 рр. під керівництвом кандидата географічних наук, старшого наукового співробітника **А.В.Щербака** на замовлення Українського гідрометеорологічного центру (УкрГМЦ). Параметри фізико-статистичних залежностей були встановлені на основі аналізу і обробки багаторічних відомостей про характеристики льодових явищ та гідрометеорологічні чинники, які визначають льодові процеси на річках і водосховищах України [5].

Система **ICE\_1\_5** включає п'ять методик, призначених для короткострокового прогнозування характеристик льодових явищ в осінньо-зимовий і весняний періоди на річках і водосховищах України, а саме [5]:

- строків появи льодових явищ (**ICE\_1**),
- строків встановлення льодоставу (**ICE\_2**),
- наростання товщини льодового покриву (**ICE\_3**),
- строків скресання річок (**ICE\_4**),
- строків початку руйнування льодового покриву (дрейфу льоду) на водосховищах та очищення їх від льоду (**ICE\_5**).

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

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

Для безпечного функціонування гідротехнічних споруд та проведення навігації у зимовий період важливою є інформація про товщину льодового покриву, прогнозування якої забезпечує методика **ICE\_3**. Зміна товщини криги  $\Delta h_{л}$  за розрахунковий інтервал встановлюється в залежності від основних чинників, які впливають на процес її наростання чи зменшення: суми  $\sum \Theta_{-}$  за розрахунковий

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

Скресання річок, руйнування льодового покриву на водосховищах та їх очищення від льоду відбувається внаслідок зменшення міцності криги під впливом припливу тепла та механічної дії потоку на льодовий покрив. Роль теплових і механічних чинників на процеси руйнування льодового покриву на водних об'єктах методики ICE\_4 і ICE\_5 враховують через відповідні параметри, які були встановлені розробниками шляхом оптимізаційних рішень. Отримані фізико-статистичні залежності пов'язують строки скресання річок і руйнування льоду на водосховищах з товщиною льоду та сумою позитивних середніх добових температур  $\sum \Theta_+$  за період від дати їх переходу через  $0^\circ$  до дати скресання річки (руйнування льоду на водосховищах). Додатковими предикторами для річок є рівень води чи його зміна, для водосховищ – максимальна за добу швидкість вітру у поєднанні з емпіричним вітровим параметром. Строки очищення водосховищ від льоду прогноуються в залежності від наростання  $\sum \Theta_+$  від початку його дрейфу [5].

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

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

Для оперативних розрахунків потрібні такі вхідні гідрометеорологічні дані:

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

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

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

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

прогнози за системою ICE\_1\_5, мають кодовий доступ до FTP сервера і можуть забирати всі необхідні для прогнозування файли з даними, які готує УкрГМЦ.

Вибір таблиці з гідрологічними даними для комплексу ICE

D:\UKR\_NIGM\BAZA\GIDRO.DBF

Вибір таблиці з метеорологічними даними для комплексу ICE

D:\UKR\_NIGM\BAZA\METEO.DBF

Вибір таблиці з даними снігозйомок для комплексу ICE

D:\UKR\_NIGM\BAZA\SNEG.DBF

Вибір таблиці з прогностичними даними для комплексу ICE

D:\UKR\_NIGM\BAZA\METEO\_PROGNOZ.DBF

Вибір виду прогнозу із комплексу ICE

Прогноз строків появи льодових явищ (ICE\_01)

Прогноз строків утворення льодоставу (ICE\_02)

Прогноз наростання льодового покриву (ICE\_03)

Прогноз строків скресання річок (ICE\_04)

Прогноз строків очищення водосховищ (ICE\_05)

Рис.1. Діалогове вікно прогностичної системи ICE\_1\_5

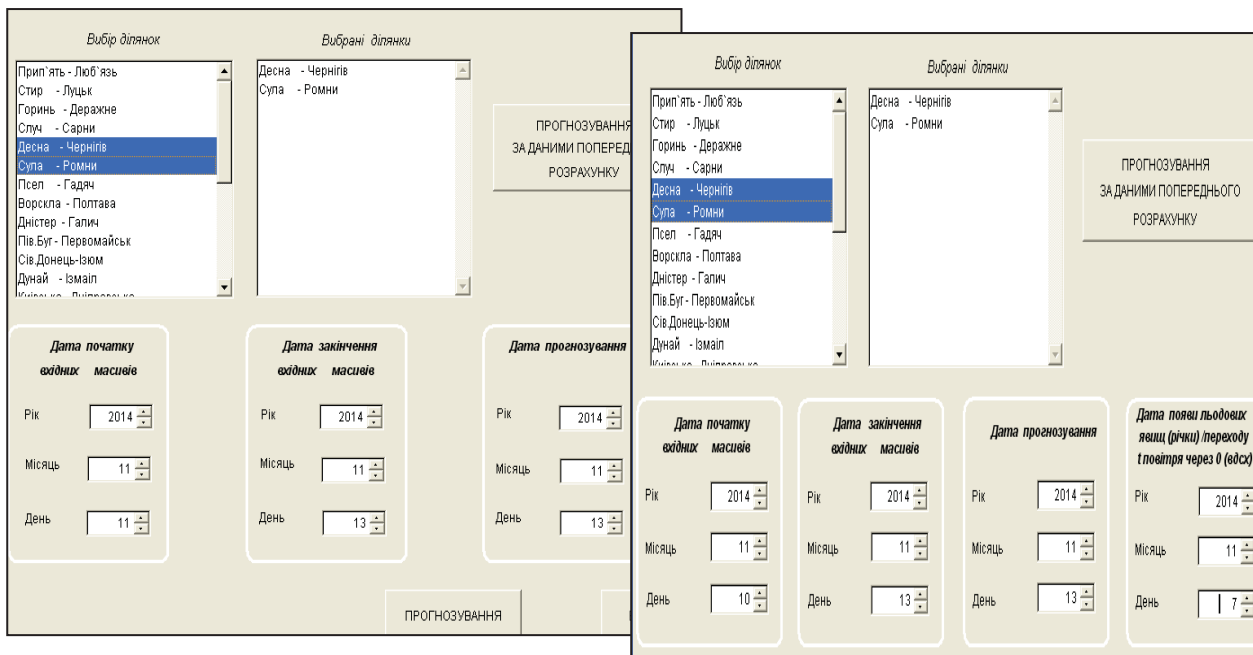
Далі спеціаліст гідропрогнозіст вибирає об'єкти прогнозування, розрахунковий період, а також вказує необхідні початкові умови, наприклад, для прогнозу строків встановлення льодоставу - дату фактичної появи льодових явищ (рис.2). Слід зауважити, що розрахунковий період обмежується періодом дії метеопрогнозу.

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

Фактичний результат обчислень за методиками моделі ICE\_1\_5 – це кількість діб від початку розрахункового періоду, коли можна очікувати настання (чи ні) прогнозованої фази льодового режиму, а також прогноз збільшення чи зменшення товщини криги за розрахунковий період. Результати розрахунків формуються у вигляді текстового файлу, зміст якого на прикладі обчислення за методикою ICE\_1 показано на рис. 3.

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

**Оперативні прогнози характеристик льодового режиму за моделлю ICE\_1\_5.** У 2010 р., після проведення виробничих випробувань, прогностична система ICE\_1\_5 була впроваджена в оперативну практику відділу гідрологічних прогнозів УкрГМЦ та ряду обласних гідрометеорологічних організацій гідрометслужби України. Під час виробничих випробувань було виконано низку доопрацювань. Так, була реалізована технологія автоматичного формування вхідних даних, підключено метеорологічний прогноз, внесені окремі зміни до переліку станцій і постів.



а)

б)

Рис.2. Вибір об'єктів і розрахункового періоду прогнозування:

а) прогноз строків появи льодових явищ;

б) прогноз строків встановлення льодоставу

```

П РА Ц Ю Е  П Р О Г Р А М А  І С Е 1_0 3
П Р О Г Н О З  П О Я В И  Л Ь О Д О В И Х  Я В И Щ
=====
ПРОГНОЗУВАННЯ ВИКОНАНО 11.11.2014 р. о 16.22

ПРОГНОЗ ПОЯВИ ЛЬОДОВИХ ЯВИЩ
=====
| НОМЕР | НАЗВА ПОСТА | ДАТА ПРОГНОЗУ | СТРОК ПОЯВИ |
| ПОСТА |              |                | ЛЬОДОВИХ ЯВИЩ |
|-----|-----|-----|-----|
| 5     | Десна - Чернігів | 10.11.2014 | 8 |
| 6     | Сула - Ромни | 10.11.2014 | 6 |
=====
СТРОК ПОЯВИ ЛЬОДОВИХ ЯВИЩ-ЦЕ
КІЛЬКІСТЬ ДНІВ ПІСЛЯ ДАТИ ПРОГНОЗУВАННЯ
  
```

Рис.3. Результат розрахунку очікуваних строків появи льодових явищ за методикою ICE\_1 прогностичної системи ICE\_1\_5

Розрахунки за методиками прогностичної системи ICE\_1\_5 розпочинають, як правило, у листопаді, в залежності від фактичної температури повітря (після переходу через 0°C у бік від'ємних значень) та її прогнозу. У період з льодовими явищами і льодоставом розрахунки виконують практично щоденно з тим, щоб завчасно й достовірно інформувати споживачів про зміни характеристик льодового режиму. За результатами розрахунків складаються короткострокові прогнози і попередження про очікувані строки настання фаз льодового режиму, а також прогнози товщини льодового покриву. Прогнози і попередження вміщують на сайт УкрГМЦ, публікують у щоденному гідрологічному бюлетені, передають

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

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

**Висновки.** Інформація про фактичний і очікуваний льодовий режим водних об'єктів необхідна багатьом галузям економіки і об'єктам господарювання для виконання своїх організаційних і виробничих функцій. Прогностична система **ICE\_1\_5**, розроблена в рамках науково-дослідної тематики УкрНДГМІ, дозволяє отримати прогнози характеристик льодового режиму (строків настання і товщини льоду) із завчасністю до 5-10 діб. Прогностичні методики побудовані на застосуванні фізико-статистичного методу і максимально враховують як особливості льодових процесів, так і інформаційну спроможність діючої гідрометеорологічної мережі. Значним плюсом оперативної реалізації моделі є зручний інтерфейс програмного забезпечення, технологія автоматичного формування вхідних даних і використання прогнозу метеопараметрів за чисельною метеорологічною моделлю. Програмне забезпечення дозволяє всім гідрометеорологічним організаціям використовувати однакові набори вхідних даних через відповідні процедури доступу до FTP сервера УкрГМЦ. На сьогодні точність і завчасність прогнозів і попереджень, які були складені на основі розрахунків за методиками цієї системи, є достатніми для вжиття споживачами необхідних підготовчих і організаційних заходів.

#### Список літератури

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

**Короткострокове прогнозування характеристик льодового режиму водних об'єктів України за фізико-статистичною моделлю ICE\_1\_5**

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

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

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

**Краткосрочное прогнозирование характеристик ледового режима водных объектов Украины по физико-статистической модели ICE\_1\_5**

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

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

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

**Short-term forecasting of ice regime characteristics of water objects of Ukraine on the physical-statistical model ICE\_1\_5**

**Boyko V., Petrenko L., Scherbak A.**

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

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

**Надійшла до редколегії 04.11.2014**

УДК 556.16.06.55

**Медведєва Ю.С.**

Одеська національна морська академія

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СКЛАДОВИХ ВОДНОГО БАЛАНСУ ОЗЕРА КИТАЙ**

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

**Вступ.** Для українського Придунав'я, де мешкає біля півмільйона чоловік, головними джерелами води є р. Дунай, озера і малі річки. Загальний водозабір із водних об'єктів басейну Дуная у межах України становить біля 2 км<sup>3</sup> на рік або 5,8% від загального водозабору прісних вод в Україні [1]. Не дивлячись на величезні водні ресурси другої за розмірами річки Європи, значна частина населення та цілий ряд галузей економіки відчувають дефіцит якісної води.

Одним з найбільших у придунайському регіоні є озеро Китай. Головним джерелом водообміну та водооновлення озера є р. Дунай. До 60-х років минулого сторіччя водообмін відбувався через природні протоки, які з'єднували озеро з річкою, шляхом вільного надходження і спрацювання води в залежності від рівнів води в Дунаї. Таким чином, динаміка рівнів води у водоймі відповідала їхній динаміці в р. Дунай. Характерною особливістю останніх десятиріч у зв'язку з глобальним потеплінням клімату є направлене поступове підвищення температур повітря і, як наслідок, зменшення вологості річок, що живлять озера та збільшення випаровування води. При цьому, з одного боку, в умовах більш сухого клімату для підтримки стабільної продуктивності сільськогосподарських земель необхідним є збільшення об'ємів забору води з водойм на зрошування полів та водопостачання, а, з іншого - при значному випаровуванні води з поверхні озер і зниженні рівнів води у них, виникає проблема підвищення концентрації солей і загальної мінералізації водойм, що й на сьогодні значно перевищує встановлені вимоги до якості питної та зрошувальної води (до 1000 мг/дм<sup>3</sup>).