

Drop effective radius in main cloud types and frontal cloud systems estimated by satellite observations in warm period of year

Zabolotska T.M., Kryvobok O.A., Shpyg V.M., Tsila A.Yu.

The distribution of drop effective radius on cloud upper level was defined and analyzed for main cloud forms over Ukraine during two years (2014-2015) using satellite observations. The effective radius values of isolated cumulonimbus on cloud top and its dependency on optical thickness was estimated in measurements during April-September 2014 over Kyiv area. For cumulonimbus clouds with precipitation the dependence of effective radius on the type, precipitation intensity and liquid water path was defined. The distribution of drop effective radius on cloud top in the strength frontal systems with heavy showers area over all territory of Ukraine was defined for two systems and its dependence on the cloud height and the precipitation type, their intensity and the liquid water path was estimated. For all types of clouds the size of effective radius of the droplets was 6 μm . In St and As cloud system droplets with this size of effective radius were observed in 100%, in Sc and As cloud system - 91-92%. The values of effective radius in Ns and Cb cloud system was close to 6 μm (71 and 89% respectively). Larger droplets (8 μm) in Ns were observed in 29% and in Cb in 9%. However, in Cb, accompanied by rainfalls and powerful thunderstorms, the values of effective radius were 10-15 μm (1.5%) and 25-45 μm (0.5%). In 75% of moderate precipitation cases were formed by drops with an effective radius of 6 μm and in 25% with an effective radius of 8 μm . For the heavy precipitated clouds, the drops with an effective radius of 8 μm (62%) had the highest frequency, in 33% the effective radius of 6 μm were observed. The larger droplets ($\geq 10 \mu\text{m}$) had a small frequency (5%). The drop effective radius for cases of heavy rainfalls was 8 μm in 75%, in 25% larger droplets were observed (10, 15 and 30 μm). More intense rainfall was accompanied by greater values of cloud water content and, accordingly, greater effective radius values. The cases with large values of microphysical parameters and precipitation were observed as streaks in frontal cloud systems.

Keywords: effective radius; optical thickness; liquid water path; cloud forms; satellite measurements.

Надійшла до редколегії 10.12.2019

УДК 551.574.42

Пясецька С.І., Савчук С.В., Тимофеев В.Є.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ

**ПОБУДОВА ФУНКЦІЇ ЛІНІЙНОГО ДИСКРИМІНАНТНОГО АНАЛІЗУ ТА ЇЇ
ОЦІНКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ
(ОЖЕЛЕДЬ) НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

Ключові слова: небезпечні явища; відкладення ожеледі; коефіцієнт кореляції; дискримінантний аналіз; побудова лінійної дискримінантної функції; прогноз; оцінка справджуваності.

Вступ. Як відомо відкладення ожеледі відносяться до несприятливих погодних явищ. На території України відкладення ожеледі є типовим явищем та спостерігаються кожного року у зимові місяці та окремі місяці перехідних сезонів (наприкінці осені та до середини весни). Найбільш небезпечними вони є для діяльності ряду галузей господарства. У першу чергу вони перешкоджають безперебійній роботі таких ланок економіки як електроенергетика, зв'язок, транспорт, комунальна сфера. Також такі відкладення можуть впливати на сільськогосподарську сферу сприяючи утворенню льодяної кірки на посівах та руйнуючи сади ламаючи фруктові дерева. Найбільш небезпечними при цьому є значні відкладення ожеледі категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихийні). Крім того збитків можуть завдати масові відкладення ожеледі, які охоплюють значні площі, особливо якщо вони поєднуються із значними, або якщо значні відкладення ожеледі набувають масового характеру. Зважаючи на руйнівну силу таких відкладень актуальним є не тільки постійний моніторинг розповсюдження таких відкладень, визначення динаміки їх прояву на окремих територіях, а й можливість передбачення їх утворення.

ISSN:2306-5680 **Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia. 2020. № 1 (56)**

Об'єкт, предмет та мета дослідження. Об'єктом дослідження є відкладення ожеледі на дротах стандартного ожеледного станка, у тому числі діаметр яких відповідає критеріям НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні).

Предметом дослідження є розповсюдження відкладень ожеледі на дротах стандартного ожеледного станка, у тому числі значних розмірів на території України на сучасному етапі зміни клімату протягом 2001-2016 рр.

Метою дослідження є побудова прогнозу можливості виникнення відкладень ожеледі на території України за певних метеорологічних параметрів для вивчення у подальшому вразливих районів та їх мінливості по території у найближчі десятиліття.

Методи дослідження. Загальним методом дослідження є емпірико-статистичний, а також методи кореляційного та лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливості утворення екстремальних метеорологічних явищ таких як відкладення ожеледі.

Огляд стану дослідження проблеми. Дослідження фізико-географічних особливостей просторового розподілу ожеледо-паморозевих відкладень на території України започатковано у роботах А.М. Раєвського [18, 25-31] та М.М. Волевахи [4]. Із врахуванням відносної висоти місцевості, ступеня захищеності по відношенню до переважаючих при відкладенні ожеледі вітрів, експозиції самого мікросхилу на якому знаходиться пункт спостереження встановлено 7 основних типів рельєфу. Визначено, що V-VII типи рельєфу є найбільш ожеледонебезпечні, проте у Карпатах та Криму (переважно VII тип) чіткий зв'язок між абсолютними висотами та частотою і розмірами ожеледо-паморозевих відкладень [29], виявлено для пунктів які знаходяться на одному схилі та в однакових умовах.

Особливості виникнення, стан розповсюдження та розробка схем прогнозування ожеледо-паморозевих відкладень, зокрема ожеледі на території України протягом кінця 30-х – початку 70-х років XX сторіччя представлено у роботах О.М. Кошенка [9-13] та у монографіях [7, 15, 16]. Найбільша повторюваність цього явища зазвичай спостерігається протягом грудня – лютого. Територіально максимального свого прояву досягає в районі Донецького кряжу, Приазовської височини, Кримських горах (захід), Волино-Подільській та Придніпровській височинах, Карпатах (північно-східні схили та високогір'я). Найчастіше небезпечні відкладення ожеледі мали місце в районі Донецького кряжу, Приазовської височини та Криму. Прогнозування ожеледо-паморозевих утворень розпочате О.М.Кошенком було продовжене у роботах В.О. Волевахи та інш. [5, 6] на основі альтернативного прогнозу із застосуванням дискримінантного аналізу та побудови відповідних рівнянь. Ця спроба залучення апарату математичної статистики була здійснена для прогнозування інтенсивності відкладень ожеледі у тому числі помірної та сильної. Цей метод було запропоновано для розробки альтернативного методу прогнозу наявності чи відсутності явища помірної чи сильної ожеледі, якому передували відбір параметрів для характеристики стану атмосфери із залученням ряду показників на ізобаричних поверхнях від землі до 700 гПа та інформації про стан самого відкладення ожеледі. Ця робота була продовжена у дослідженні прогнозування діаметрів відкладень помірної та сильної ожеледі на території рівнинної частини України. Наступний етап дослідження охоплює період з середини 70-х років до кінця XX ст., який був присвячений сучасному на той час клімату України та суміжною з нею територією Молдавії [8, 32]. Останньою фундаментальною роботою з дослідження стихійних метеорологічних явищ на Україні у тому числі і сильної ожеледі є монографія [33], в якій досліджено стан інтенсивності та розповсюдження стихійних явищ протягом 1985-2005 рр.

Науковими дослідженнями у різних сферах наукової діяльності доведено

зв'язок між змінами клімату і зростанням кількості небезпечних та стихійних явищ. Оцінки цього зв'язку та передбачення майбутніх змін клімату у XXI ст. регіонального аспекту опубліковано у дослідженнях Г.В. Грузи та Е.Я. Ранькової (2004, 2008), по території України В.Ф. Мартазиною [14], а також глобальному масштабі у IPCC, 2007: Climate Change 2007 [35]. Беручи до уваги те, що неможливо уникнути цих змін та невідворотність подій, пов'язаних із зміною клімату постала проблема уникнення, або зменшення збитків від них та необхідність проведення ряду адаптаційних заходів для різних сфер життєдіяльності людства до нових кліматичних умов з метою стійкого розвитку економіки і суспільства [1, 19, 20, 34, 36, 37]. Метеорологічні ризики визначаються по 2-м головним характеристикам погодозалежності споживача [3] – через небезпеку повторюваності несприятливих умов погоди та метеорологічну вразливість (об'єктивна реальність техногенного середовища), яку можна змінити за допомогою оптимальної метеорологічної адаптації. Головна мета адаптації – це максимальне зниження втрат з метеорологічних причин і як наслідок зниження ризику впливу умов погоди (метеорологічного ризику). Концепція таких досліджень представлена у роботах О.І. Бедрицького, О.О. Коршунова, Л.А. Хандожко [1-3], де запропоновано схему у якій наведені блоки із визначення попереджених збитків, не попереджених збитків, витрати на попереджувальні заходи, прогнозний блок (прогнози різної завчасності, альтернативний та інерційний). Для визначення імовірного стану клімату в Україні постає необхідність його передбачення шляхом прогнозу окремих показників та особливо окремих природних явищ зокрема таких як ожеледо-паморозеві відкладення, які є не тільки несприятливими явищами взагалі але й можуть мати небезпечний та стихійний характер.

Натепер, зважаючи на попередні роботи авторів [21-24] для території України подано результати дослідження з побудови функції дискримінантного аналізу для визначення можливості виникнення відкладень ожеледі при окремих метеорологічних параметрах (величинах) протягом 2001-2010 рр. та результати оцінки справджуваності на незалежному матеріалі 2011-2016 рр. прогностичних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за 2001-2010 рр.

Характеристика використаного матеріалу. Для опрацювання залучались матеріали Метеорологічних щомісячників на підставі таблиць спостережень за відкладеннями ожеледі на стандартному ожеледному станку, а також з таблиць метеорологічних спостережень на метеорологічних станціях (ТМС-84) Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) імені Бориса Срезневського. Період спостережень становив 2001-2016 рр.

Обговорення основних результатів дослідження. Результати дослідження викладено у двох підрозділах., які відповідають окремим етапам дослідження.

1. Побудова функції лінійного дискримінантного аналізу для визначення екстремальних погодних явищ (ожеледь) на основі аналогового підходу.

Для визначення виникнення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь), побудовано функції лінійного дискримінантного аналізу (у день з цим явищем на стандартному ожеледному станку).

З метою визначення можливості виникнення екстремальних метеорологічних явищ на прикладі такого несприятливого метеорологічного явища, як ожеледь (у дати її початку), було побудовано лінійні дискримінантні функції на прикладі зимового сезону за 2001-2013 рр. на 187 станціях України. Розрахунки проведено на підставі:

- бази даних із екстремальних метеорологічних явища – ожеледь (а саме дати її початку її відкладення) із спостережень за відкладеннями ожеледі на

стандартному ожеледному станку (матеріали Метеорологічного щомісячника);

- бази даних із метеорологічних величин у визначенні дати із початку відкладень ожеледі, між якими на попередніх етапах роботи було визначено статистично значущі кореляційні зв'язки ($r=\pm 0,6$ і нижче/вище відповідно): середня, максимальна, мінімальна добова температура повітря ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$); середня вологість повітря ($F_{\text{сер}}, \%$); атмосферний тиск повітря на рівні моря ($P_{\text{мор}}, \text{гПа}$) та середня швидкість вітру ($V_{\text{сер}}, \text{м/с}$) [21-24]. Програмним пакетом для розрахунків є «СТАСТИСТИКА».

Робота з побудови функції лінійного дискримінантного аналізу мала експериментальний характер, і була побудована на аналоговому підході. Це пов'язано із особливостями залучених вхідних даних. З усього періоду спостережень до аналізу залучались тільки метеорологічні величин у дати початку ожеледі (що могла охоплювати до 40 % території, поодинокі випадки до розглядання не долучались); а тому в якості випадків її відсутності – тільки дати з екстремальним холодом на більшій частині території України (60 %) взимку. На попередніх етапах роботи за екстремальний холод було прийнято значення мінімальної добової температури повітря, що дорівнювали чи були нижчими за їх 5-ту ($T_{\text{мін}_{5p}}$ і нижче) процентиль. Така методика була обрана не випадково, тому що при екстремальному холодні (дуже низьких температурах) утворення ожеледі не можливо. Здебільшого її утворення спостерігається при температурах повітря - $4,0...+4,0 ^\circ\text{C}$. У цей діапазон входять практично 90 % усіх випадків її утворення, але найбільш типовим температурним інтервалом є $-2,0...+2,0 ^\circ\text{C}$. Крім того при її утворенні великого значення набуває відносна вологість повітря. При незначній вологості немає умов для її виникнення.

Щоб уникнути штучного покращення результатів у розрахунках при залученні всіх метеорологічних величин, з подібними включно, між якими є статистично значущі кореляційні зв'язки; шукану дискримінантну функцію отримано експериментально шляхом покрокового включення у розрахунки тільки однієї з подібних метеорологічних величин із температури ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$). На цьому етапі робіт для уникнення впливу орографії на результат та через особливості обраного програмного забезпечення і потужності використовуваних технічних засобів дискримінантні функції розраховувались у областних центрах. При залученні до розрахунку разом з перерахованими вище метеорологічними величинами максимальної температури ($T_{\text{мах}}, ^\circ\text{C}$) для отримання дискримінантної функції, справджуваність результатів виявилась значна (найліпша поміж температур), шукане рівняння має такий вигляд (формула (1)):

$$y = 1.88 - 0.17 * T_{\text{мах}} - 0.10 * F_{\text{сер}} + 0.01 * P_{\text{мор}} - 0.06 * V_{\text{сер}} \quad (1)$$

Після опрацювання отриманого рівняння із застосуванням метеорологічних величин стосовно обраних дат щодо двох використаних масивів даних, зазначених вище, було отримано достатньо високу справджуваність дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: від 91 % (при $y_1 < 0,199$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі) до 90 % (при $y_0 \geq 0,2$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати дати з екстремальним холодом ($T_{\text{мін}_{5p}}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України).

Для оцінки справджуваності дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь), отриманої за зимовий сезон 2001-2013 рр., в якості незалежного матеріалу було обрано зимовий сезон періоду 2014-2016 рр. Відповідно було доповнено архів даних спостережень та сформовано відповідні

бази даних. Після виконання всіх необхідних розрахунків було отримано достатньо високу оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2014-2016 рр. дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: до 78 % (при $y_0 \geq 0,105$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати з екстремальним холодом ($T_{\min_{5p}}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України) та від 90 % (при $y_1 < 0,054$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі).

2. Побудова прогностичної функції лінійного дискримінантного аналізу та її оцінка для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) із триденною завчасністю

До побудови функції лінійного дискримінантного аналізу для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь), можливо застосувати декілька підходів. Якщо у першому розділі було показано результати аналогового підходу для побудови дискримінантних функцій безпосередньо для дат виникнення таких відкладень, то у другому розділі наведено результати таких розрахунків для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) з 3-и денною завчасністю. Таку завчасність було обрано зважаючи вже опрацьований в низці наукових праць підхід 1-2-ох денної завчасності. Використання цього підходу є більш актуальним, тому що він має прикладне значення.

З метою визначення можливості виникнення екстремальних метеорологічних явищ з 3-денною завчасністю на прикладі одного з несприятливих метеорологічних явищ – відкладень ожеледі, зокрема, дати її початку, побудовано лінійну дискримінантну функцію.

Вихідні дані отримано за матеріалами Метеорологічних щомісячників на підставі таблиць спостережень за відкладеннями ожеледі на стандартному ожеледному станку, а також з таблиць метеорологічних спостережень на метеорологічних станціях (ТМС-84) Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) імені Бориса Срезневського.

Розрахунки функції лінійного дискримінантного аналізу проведено на підставі двох баз даних:

- бази даних із екстремальних метеорологічних явищ (дати початку відкладень ожеледі);

- бази даних із метеорологічних величин у визначенні дати із початку відкладень ожеледі.

Дослідження було виконано на прикладі зимового сезону з залученням означених на попередніх етапах роботи 13 метеорологічних величин на 187 метеорологічних станціях (МС) України за 2001-2010рр.: середня, мінімальна, максимальна добова температура повітря ($T_{\text{сер}}$, $T_{\text{мін}}$, $T_{\text{мах}}$, °C); середня, мінімальна, максимальна відносна вологість повітря ($F_{\text{сер}}$, $F_{\text{мін}}$, $F_{\text{мах}}$, %); тиск на рівні станції та моря (P_0 , P_m , гПа); середня, максимальна (з 8 строків), абсолютна строкова швидкість вітру ($V_{\text{сер}}$, $V_{\text{мах}}$, $V_{\text{абс}}$, м/с); кількість опадів (R , мм); висота снігового покриву ($H_{\text{сн}}$, см). Робота виконувалась на підставі обраних метеорологічних величин в добовому розрізі. Період для отримання рівняння було дещо змінено на 2001-2010 рр., для збільшення періоду призначеного для оцінки на 2011-2016 рр. з огляду на отримання об'єктивних результатів оцінки.

При формуванні бази даних метеорологічних величин у дати з початком відкладень ожеледі врахувалась її повторюваність по території для виключення поодиноких випадків, що не є показовими для отримання надійних результатів. У подальшому для уникнення похибок впливу орографії на результат а забезпечення однорідності даних та через особливості обраного програмного забезпечення дискримінантні функції розраховувались на прикладі областних центрів країни. Це

було зроблено також з огляду на довгорядність низки областних центрів. Виключення із розгляду метеорологічних станцій України з дуже своєрідними фізико-географічними умовами таких високогірних станцій, як Ай-Петрі, Плай, Пожежевська, пояснювалось потребою окремого підходу та уточнень при подальшому використанні їх даних.

Для отримання прогностичної функції залучались метеорологічні величини, сформовані у дві вибірки даних: у дати початку ожеледі; та дати відсутності випадків із нею, що водночас є умовою її 3-х денної завчасності. Обов'язковою вимогою була перевірка цих 2-х окреслених вибірок з бази даних на неспівпадіння та виключення з них випадків співпадіння дат. Аналогічно до аналогового підходу залучались тільки метеорологічні величини між якими на попередніх етапах роботи було визначено статистично значущі кореляційні зв'язки ($r \geq 0,6$ і $r \leq -0,6$): середня, максимальна, мінімальна добова температура повітря ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$); середня вологість повітря ($F_{\text{сер}}, \%$); атмосферний тиск повітря на рівні моря ($P_{\text{мор}}$) та середня швидкість вітру ($V_{\text{сер}}, \text{м/с}$). При розрахунках коефіцієнту кореляції, враховувалось довжина ряду не менше 30 ($n \geq 30$). Для уникнення штучного покращення результатів у розрахунках при залученні всіх метеорологічних величин, з подібними включно, між якими є статистично значущі кореляційні зв'язки; шукану дискримінантну функцію отримано експериментально шляхом покрокового включення у розрахунки тільки однієї з подібних метеорологічних величин із температури ($T_{\text{сер}}, T_{\text{мах}}, T_{\text{мін}}, ^\circ\text{C}$). При залученні до розрахунку разом з перерахованими вище метеорологічними величинами максимальної температури ($T_{\text{мах}}, ^\circ\text{C}$), справджуваність результатів є значною і найліпшою поміж температур.

Отже, шукана функція лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливості виникнення з 3-х денною завчасністю відкладень ожеледі, за період 2001-2010 рр. має такий вигляд (формула (2)):

$$y = 12.07 - 0.05 * T_{\text{макс}} - 0.13 * F_{\text{сер}} - 0.20 * V_{\text{сер}}. \quad (2)$$

Після опрацювання отриманого рівняння із застосуванням метеорологічних величин стосовно обраних дат щодо двох використаних масивів даних, зазначених вище, отримано достатньо значну та задовільну справджуваність прогностичних функцій можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 62 % (при $y_0 \geq -0,052$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати передуючі обраним датам з відкладенням ожеледі, отримані з огляду на 3-х денну завчасність відносно них, та до 73 % (при $y_1 < -0,053$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладенням ожеледі). Результати рівняння, отриманого при розрахунках прогностичних дискримінантних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. візуалізовано та представлено на рисунку 1.

Для оцінки справджуваності прогностичної функції екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) з 3-х денною завчасністю, отриманої за зимовий сезон 2001-2010 рр., в якості незалежного матеріалу було обрано зимовий сезон періоду 2011-2016 рр. Для чого було доповнено архів даних спостережень, та сформовано відповідні бази даних та вибірки з них. При їх формуванні було враховано та виконано всі необхідні для виконання належних розрахунків положень, викладених у попередніх етапах розрахунків шуканої дискримінантної функції за 2001-2010 рр.

Після виконання всіх необхідних розрахунків, було отримано достатньо значну та задовільну оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон

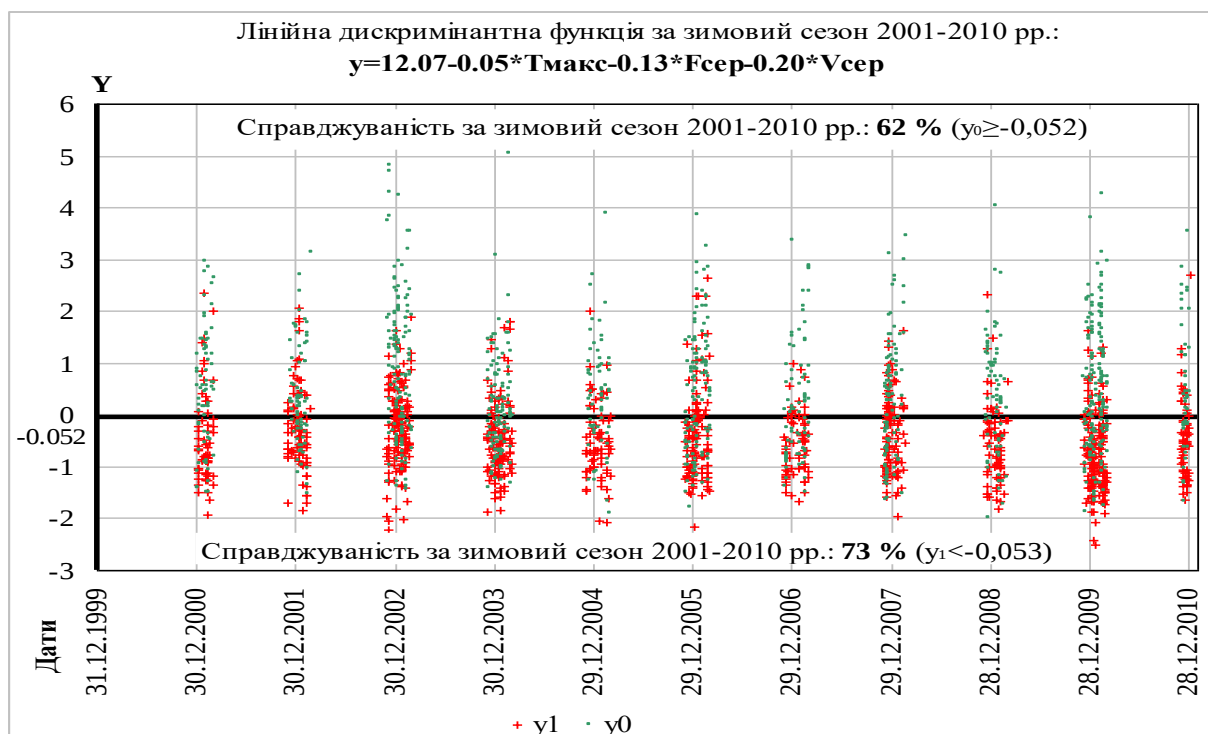


Рис.1. Результати розрахунків прогностичних дискримінантних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за 2001-2010 рр. Зима. Україна

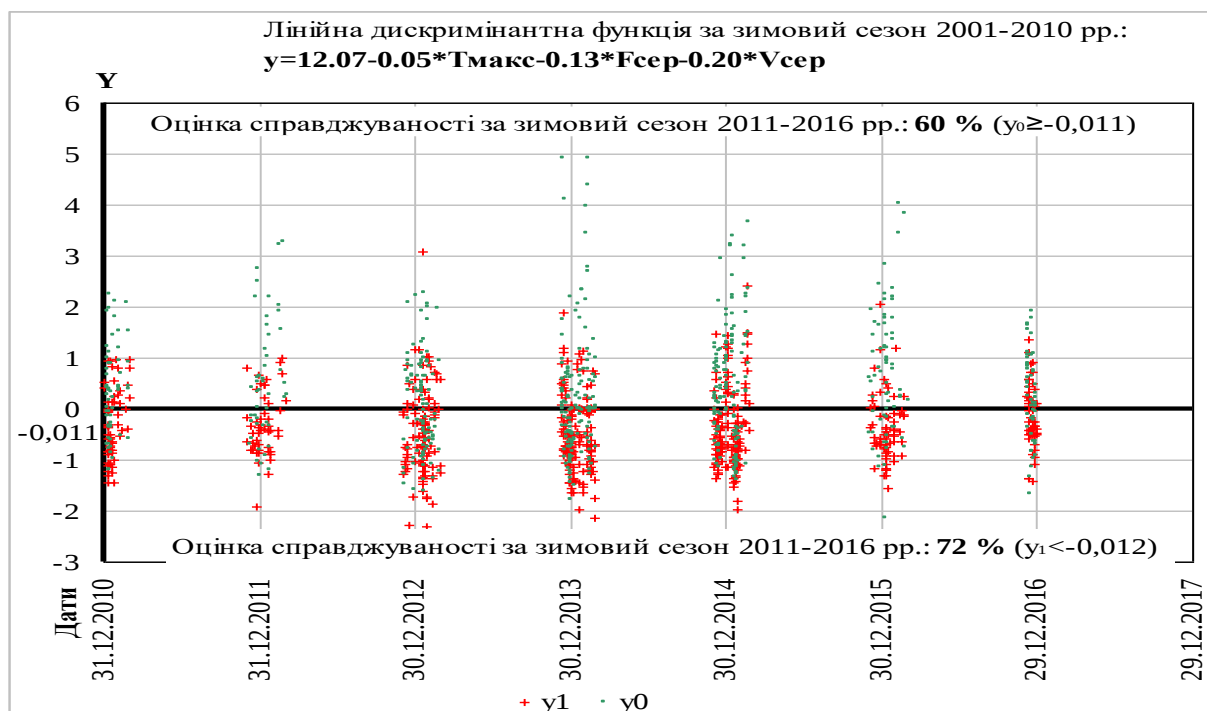


Рис.2 Результати оцінки справджуваності на незалежному матеріалі 2011-2016 рр. прогностичних функцій для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за 2001-2010 рр. Зима. Україна

2011-2016 рр. прогностичної функції можливих екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) з 3-х денною завчасністю за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 60 % (при $y_1 \geq -0.011$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у

ISSN:2306-5680 *Hidrolohiiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*. 2020. № 1 (56)

дати передуючі обраним датам з відкладенням ожеледі, отримані з огляду на 3-х денну завчасність відносно них), до 72 % (при $y_1 < -0,012$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі). Результати оцінки справджуваності на незалежному матеріалі 2011-2016 рр. отриманої прогностичної функції для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. представлено на рисунку 2.

Висновки. Отже, в ході побудови лінійних дискримінантних функцій для визначення можливості виникнення такого несприятливого явища як відкладення ожеледі було отримано ряд висновків:

1. Отримано достатньо високу справджуваність дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: від 91 % (при $y_1 < 0,199$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі) до 90 % (при $y_0 \geq 0,2$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати дати з екстремальним холодом ($T_{\min_{5p}}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України).

2. Було отримано достатньо високу оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2014-2016 рр. дискримінантних функцій екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2013 рр. Вона складає: до 78 % (при $y_0 \geq 0,105$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати з екстремальним холодом ($T_{\min_{5p}}$ і нижче) на більшій частині (60 %) території України) та від 90 % (при $y_1 < 0,054$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі).

3. Отримано прогностичну функцію лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр., застосовуючи тільки метеорологічні величини зі статистично значущими кореляційними зв'язками ($r \geq 0,6$ і $r \leq -0,6$). А саме, маскимальна температура повітря ($T_{\max}$, °C); середня вологість повітря ($F_{\text{сер}}$, %); та середня швидкість вітру ($V_{\text{сер}}$, м/с) з відповідними їх коефіцієнтами (-0,05; -0,13; -0,20) і константою (12,07).

4. Отримано достатньо значну та задовільну справджуваність прогностичних функцій можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ (ожеледь) за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 62 % (при $y_0 \geq -0,052$, де y_0 – результуючі функції для масиву даних у дати передуючі обраним датам з відкладенням ожеледі, отримані з огляду на 3-х денну завчасність відносно них) та до 73 % (при $y_1 < -0,053$, де y_1 – результуючі функції для масиву даних у обрані дати з відкладеннями ожеледі).

5. Отримано задовільну оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2011-2016 рр. прогностичної функції можливих (з 3-х денною завчасністю) екстремальних метеорологічних явищ на прикладі відкладень ожеледі за зимовий сезон 2001-2010 рр. Вона складає: від 60 % (для y_0) та до 72 % (для y_1).

Список літератури

1. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Показатели влияния погодных условий на экономику: региональное распределение экономических потерь и экономической выгоды при использовании гидрометеорологической информации и продукции. Метеорология и гидрология, 1999. № 3. С. 5-17. 2. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Показатели влияния погодных условий на экономику: чувствительность потребителя к воздействию гидрометеорологического фактору. Метеорология и гидрология, 2000. № 2. С. 5-9. 3. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Основы оптимальной адаптации экономики России к опасным проявлениям погоды и климата. Метеорология и гидрология, 2009. № 4. С. 5-14.

4. *Волеваха Н.М.* О влиянии орографии на гололедные отложения. Труды УкрНИГМИ, 1958. Вып. 13. С. 82-86. 5. *Волеваха В.А. Волконская Н.К, Башкирова Л.Е.* О возможности прогнозирования интенсивности отложения гололеда. Труды УкрНИГМИ, 1986. Вып. 219. 58-67. 6. *Волеваха В.А. Прохоренко В.М.* Рекомендации к прогнозу умеренного и сильного гололеда на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1991. Вып. 239. 48-55. 7. Климат Украины [Монография] / Под ред. Г.Ф. Прихотьюко, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 413 с. 8. Клімат України [Монография] / За ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Вид-во. Раєвського, 2003. – 343 с. 9. *Кошенко А.М.* Особо опасные гололеды на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1976. Вып. 134. С. 79-91. 10. *Кошенко А.М.* Особо опасные отложения гололеда в Горном Крыму. Труды УкрНИГМИ, 1977. Вып. 160. С. 3-12. 11. *Кошенко А.М.* Рекомендации к прогнозу особо опасных отложений гололеда внутримассового происхождения на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1977. Вып. 160. С. 13-20. 12. *Кошенко А.М.* Рекомендации к прогнозу фронтальных гололедов на Украине Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып. 113. С. 3-8. 13. *Кошенко А.М.* Некоторые характеристики внутримассовых гололедов на Украине. Труды УкрГМИ, 1972. Вып. 113. С. 9-18. 14. *Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю.* Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине. Геофизический журнал, 2006. Т. 28. № 1. С. 51-60. 15. Опасные явления погоды на Украине / Под ред. К.Т. Логвинова. Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып. 110. 235 с. 16. Природа Украинской ССР. Климат [Монография] / Под ред. К.Т. Логвинова, М.И. Щербаня. К.: Наукова думка, 1984. 231 с. 17. *Прохоренко М.М., Раевский А.Н.* Особенности распределения гололедно-изморозевых отложений на территории Украины в аномальные зимы. Метеорология, климатология и гидрология, 1975. Вып. 11. С. 33-37. 18. *Прохоренко М.М., Раевский А.Н.* Распределение и условия возникновения особо опасных отложений атмосферного льда на территории Украины. Труды УкрНИГМИ, 1973. Вып. 124. С. 84-90. 19. Прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям / Под ред. А.А. Васильева. М.: Триада Лтд., 2007. – 312 с. 20. Предотвращение опасности и смягчение последствий стихийных бедствий. Бюл. ВМО. Женева, 2006. № 993. 34 с. 21. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П., Савчук С.В.* Визначення кореляційного зв'язку між окремими метеорологічними параметрами при екстремальних метеорологічних явищах (відкладення ожеледі) по сезонах року. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. Том 2. № 53. С. 74-87. 22. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П., Савчук С.В.* Визначення кореляційного зв'язку між окремими метеорологічними величинами у дати початку відкладення ожеледі на території України по місяцях холодного періоду року протягом 2001-2013 рр. та їх просторовий розподіл. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. Том 4. № 55. С. 140-151. 23. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П.* Визначення кореляційного зв'язку між метеорологічними параметрами у дати початку відкладень ожеледі по окремих сезонах року на території України протягом 2001-2013 рр. Збірник матеріалів науково-практичної конференції (з міжнародною участю) «Каркасні (селітебні і дорожні) антропогенні ландшафти: теоретичні та прикладні аспекти» 24-25.04.2019 р. м. Вінниця, 2019. Секція 4. Перспективи природокористування, управління та охорона каркасних антропогенних ландшафтів. С. 89-93. 24. *Пясецька С.І., Гребенюк Н.П.* Кореляційний зв'язок між окремими метеорологічними величинами у дати початку відкладення ожеледі на території України у місяці холодного періоду року протягом 2001-2013 рр. та їх просторовий розподіл. Міжнародна науково-практична конференція "Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології)". 2-4 жовтня 2019 р. Київ (Україна). Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. Том 3. № 54. С. 147-148. 25. *Раевский А.Н.* К вопросу о повторяемости гололеда. Метеорология и гидрология, 1953. № 1. С. 28-31. 26. *Раевский А.Н.* Влияние рельефа на распределение гололедно-изморозевых отложений. Труды ОГМИ, 1961. Вып. XXIII. С. 3-10. 27. *Раевский А.Н.* О распределении гололеда на территории Украины. Труды УкрНИГМИ., 1961. Вып. 29. С. 50-62. 28. *Раевский А.Н.* Влияние особенностей рельефа на распределение гололедных отложений. Труды ГГО, 1961. Вып. 122. С. 75-80. 29. *Раевский А.Н.* К вопросу о влиянии рельефа на распределение отложений гололеда в Украинских Карпатах. Метеорология, климатология

и гидрология, 1968. Вып. 3. С. 80-84. **30.** Раевский А.Н., Вязовченко Е.А. Синоптические условия образования значительного гололеда в Украинских Карпатах. Метеорология, климатология и гидрология, 1969. Вып. 5. С. 64-70. **31.** Раевский А.Н. К вопросу о влиянии характера рельефа и лесистости на распределение гололедно-изморозевых отложений. Труды УкрНИГМИ, 1967. Вып. 65. С. 113-117. **32.** Стихийные метеорологические явления на Украине и Молдавии [Монография] / Под ред. В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 223 с. **33.** Стихийні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) [Монография] / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабиченко. К.: Вид-во Ніка-Центр, 2006. 311 с. **34.** Annual Review: Natural Catastrophes 2002? Munich Re Group Topics. 48p. **35.** IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. / S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2007. **36.** Changnon S. A., Pielke R.A. Jr., Changnon D., et al. Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2000. Vol. 81. № 3. pp. 417-425. **37.** Robenburg E., Tunstall D. and Van Bulhuis F. Environmental indicators for global cooperation. – Global Environment Facility, Working Paper. 1996. № 11.

References

1. Bedritskiy A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A., Shaymardanov M.Z. Pokazateli vliyaniya pogodnykh usloviy na ekonomiku: regional'noye raspredeleniye ekonomicheskikh poter' i ekonomicheskoy vygody pr ispol'zovanii gidrometeorologicheskoy informatsii i produktsii. Meteorologiya i gidrologiya, 1999. № 3. S. 5-17. **2.** Bedritskiy A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A., Shaymardanov M.Z. Pokazateli vliyaniya pogodnykh usloviy na ekonomiku: chuvstvitel'nost' potrebitelya k vozdeystviyushchemu gidrometeorologicheskomu faktoru. Meteorologiya i gidrologiya, 2000. № 2. S. 5-9. **3.** Bedritskiy A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A., Shaymardanov M.Z. Osnovy optimal'noy adaptatsii ekonomiki Rossii k opasnym proyavleniyam pogody i klimata. Meteorologiya i gidrologiya, 2009. № 4. S. 5-14. **4.** Volevakha N.M. O vliyani orografii na gololednyye otlozheniya. Trudy UkrNIGMI, 1958. Vyp. 13. S. 82-86. **5.** Volevakha V.A., Volkonskaya N.K., Bashkirova L.Ye. O vozmozhnosti prognozirovaniya intensivnosti otlozheniya gololeda. Trudy UkrNIGMI, 1986. Vyp. 219. S. 58-67. **6.** Volevakha V.A., Prokhorenko V.M. Rekomendatsii k prognozu umerennogo i sil'nogo gololeda na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1991. Vyp. 239. S. 48-55. **7.** Klimat Ukrainy [Monografiya] / Pod red. G.F. Prihot'ko, A.V. Tkachenko, V.N. Babichenko. L.: Gidrometeoizdat, 1967. 413 s. **8.** Klimat Ukraïni [Monografiya] / Za red. V.M. Lipin'skogo, V.A. Dyachuka, V.M. Babichenko. K.: Vid-vo. Raëvs'kogo, 2003. – 343 s. **9.** Koshenko A.M. Osobo opasnyye gololedy na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1976. Vyp. 134. S. 79-91. **10.** Koshenko A.M. Osobo opasnyye otlozheniya gololeda v Gornom Krymu. Trudy UkrNIGMI, – 1977. Vyp. 160. S. 3-12. **11.** Koshenko A.M. Rekomendatsii k prognozu osobo opasnykh otlozheniy gololeda vnutrimassovogo proiskhozhdeniya na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1977. Vyp. 160. S. 13-20. **12.** Koshenko A.M. Rekomendatsii k prognozu frontal'nykh gololedov na Ukraine. Trudy UkrNIGMI, 1972. Vyp. 113. S. 3-8. **13.** Koshenko A.M. Nekotoryye kharakteristiki vnutrimassovykh gololedov na Ukraine. Trudy UkrGMI, 1972. Vyp. 113. S. 9-18. **14.** Martazinova V.F., Ivanova Ye.K., Chayka D.YU. Izmeneniya krupnomasshtabnoy atmosfery tsirkulyatsii vozdukh na protyazhenii KHKH veka i yeye vliyaniye na pogodnyye usloviya i regional'nuyu tsirkulyatsiyu vozdukh v Ukraine. Geofizicheskii zhurnal, 2006. T. 28. № 1. S. 51-60. **15.** Opasnyye yavleniya pogody na Ukraine / Pod red. K.T. Logvinova. Trudy UkrNIGMI, 1972. Vyp. 110. S. 235. **16.** Priroda Ukrainy SSR. Klimat [Monografiya] / Pod red. K.T. Logvinova, M.I. Shcherbanya. K.: Naukova dumka, 1984. 231 s. **17.** Prokhorenko M.M., Rayevskiy A.N. Osobennosti raspredeleniya gololedno-izmorozevykh otlozheniy na territorii Ukrainy v anomal'nyye zimy. Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya, 1975. Vyp. 11. S. 33-37. **18.** Prokhorenko M.M., Rayevskiy A.N. Raspredeleniye i usloviya vznikaeniya osobo opasnykh otlozheniy atmosfery na territorii Ukrainy. Trudy UkrNIGMI, 1973. Vyp. 124. S. 84-90. **19.** Prognozirovaniye i adaptatsiya obshchestva k ekstremal'nym klimaticheskim izmeneniyam / Pod red. A.A. Vasil'yeva. M.: Triada Ltd., 2007. 312 s. **20.** Predotvrashcheniye opasnosti i smyagcheniye posledstviy stikhiynykh bedstviy. Byul. VMO. Zheneva, 2006. № 993. 34 s. **21.** Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P., Savchuk S.V. Viznachennya korelyatsiynogo zv'yazku

мізх окремими метеорологічними параметрами при екстремальних метеорологічних явищах (відкладення озжедів) по сезонах року. Гідрологія, гідрохімія і гідроекнологія, 2019. Том 2. № 53. С. 74-87. **22. Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P., Savchuk S.V.** Vznachennya korelyatsiynogo zv'yazku mizh okremimi meteorologichnimi velichinami u dati pochatku vidkladennya ozheledi na teritorii Ukraïni po misyatsyakh kholodnogo periodu roku protyagom 2001-2013 rr. ta ikh prostoroviy rozpodil. Gidrologiya, gidrokhimiya i gidroyekologiya. 2019. Tom 4. № 55. S. 140-151. **23. Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P.** Vznachennya korelyatsiynogo zv'yazku mizh meteorologichnimi parametrami u dati pochatku vidkladen' ozheledi po okremikh sezonakh roku na teritorii Ukraïni protyagom 2001-2013 rr. Zbirnik materialiv naukovo-praktichnoi konferentsii (z mizhnarodnoyu uchastyu) «Karkasni (selitebni i dorozhni) antropogenni lvdnshti: teoretichni ta prikladni aspekti» 24-25.04.2019 r. m. Vinnitsya, 2019. Sektsiya 4. Perspektivi priroдокorisuvannya, upravlinnya ta okhорona karkasnikh antropogennikh landshaftiv. S. 89-93. **24. Pyasets'ka S.Í., Grebenyuk N.P.** Korelyatsiyniy zv'yazok mizh okremimi meteorologichnimi velichinami u dati pochatku vidkladennya ozheledi na teritorii Ukraïni u misyatsi kholodnogo periodu roku protyagom 2001-2013 rr. ta ikh prostoroviy rozpodil. Mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiya "Rel'ef, klimat ta poverkhnevi vodi yak ob'ekti prirodnicho-geografichnikh doslidzhen' (do 70-richchya kafedr zemleznavstva ta geomorfologii, meteorologii ta klimatologii, gidrologii ta gidroyekologii)". 2-4 zhovtnya 2019 r. Kii'v (Ukraïna). – Kii'v: KNU im. Tarasa Shevchenka. Gidrologiya, gidrokhimiya i gidroyekologiya, 2019. Tom 3. № 54. S. 147-148. **25. Rayevskiy A.N.** K voprosu o povtoryayemosti gololeda. Meteorologiya i gidrologiya, 1953. № 1. S. 28-31. **26. Rayevskiy A.N.** Vliyaniye rel'yefa na raspredeleniye gololedno-izmorozevykh otlozheniy. Trudy OGMI, 1961. Vyp. XXIII. S. 3-10. **27. Rayevskiy A.N.** O raspredelenii gololeda na territorii Ukrainy. Trudy UkrNIGMI., 1961. Vyp. 29. S. 50-62. **28. Rayevskiy A.N.** Vliyaniye osobennostey rel'yefa na raspredeleniye gololednykh otlozheniy. Trudy GGO, 1961. Vyp. 122. S. 75-80. **29. Rayevskiy A.N.** K voprosu o vliyanii rel'yefa na raspredeleniye otlozheniy gololeda v Ukrainiskikh Karpatakh. Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya, 1968. Vyp. 3. S. 80-84. **30. Rayevskiy A.N., Vyazovchenko Ye.A.** Sinopticheskiye usloviya obrazovaniya znachitel'nogo gololeda v Ukrainiskikh Karpatakh. Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya, 1969. Vyp. 5. S. 64-70. **31. Rayevskiy A.N.** K voprosu o vliyanii kharaktera rel'yefa i lesistosti na raspredeleniye gololedno-izmorozevykh otlozheniy. Trudy UkrNIGMI, 1967. Vyp. 65. S. 113-117. **32. Stikhiynnye meteorologicheskiye yavleniya na Ukraine i Moldavii [Monografiya] / Pod red. V.N. Babichenko. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 223 s.** **33. Stikhiyni meteorologichni yavishcha na teritorii Ukraïni za ostannē dvadtsyatirichchya (1986-2005 rr.) [Monografiya] / Za red. V.M. Lipins'kogo, V.Í. Osadchogo, V.M. Babichenko. K.: Vid-vo Nika-Tsentr, 2006. 311 s.** **34. Annual Review: Natural Catastrophes 2002? Munich Re Group Topics. 48p.** **35. IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. / S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2007.** **36. Changnon S. A., Pielke R.A. Jr., Changnon D., et al.** Human factors explaine the increased losses from weather and climate extremes. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2000. Vol. 81. № 3. pp. 417-425. **37. Robenburg E., Tunstall D. and Van Bulhuis F.** Environmental indicators for global cooperation. – Global Environment Facility, Working Paper. 1996. № 11.

Побудова функції лінійного дискримінантного аналізу та її оцінка для визначення екстремальних метеорологічних явищ (ожеледів) на території України

Пясецька С.І., Савчук С.В., Тимофеев В.Є.

Для прогнозування можливості виникнення відкладень ожеледі на території України у зимовий сезон запропоновано аналоговий підхід із застосуванням побудови рівнянь лінійної дискримінантної функції. Для цього на попередніх етапах роботи були розраховані коефіцієнти кореляції між 13-ти метеорологічних величин (за добу) у дати початку відкладень ожеледі на усіх станціях України та для подальшої побудови рівнянь лінійної дискримінантної функції. Було визначено значущі коефіцієнти кореляції між окремими метеорологічними величинами, такими як температура повітря середня, максимальна, мінімальна, середня вологість повітря, середня швидкість вітру, атмосферний тиск на рівні моря. Саме ці величини було використано для побудови рівнянь лінійної дискримінантної функції для дат фактичного утворення відкладень ожеледі та подальшого прогнозу її утворення з трьох денною завчасністю. В результаті

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекнологія. 2020. № 1 (56)**

проведених розрахунків для зимового сезону 2001-2013 рр. було отримано рівняння лінійної дискримінантної функції для дат фактичного утворення відкладень ожеледі та отримано достатньо високу її справджуваність. Також для прогнозування можливого утворення відкладень ожеледі з трьох денною завчасністю отримано прогностичну функцію лінійного дискримінантного аналізу для визначення можливих таких відкладень за зимовий сезон 2001-2010 рр. на прикладі областних центрів. Отримано задовільну оцінку справджуваності на незалежному матеріалі за зимовий сезон 2011-2016 рр. прогностичної функції можливих відкладень ожеледі протягом 2001-2010 рр.

Ключові слова: небезпечні явища; відкладення ожеледі; коефіцієнт кореляції; дискримінантний аналіз; побудова лінійної дискримінантної функції; прогноз; оцінка справджуваності.

**Построение функции линейного дискриминантного анализа и ее оценка для определения экстремальных метеорологических явлений (гололед) на территории Украины
Пясецкая С.И., Савчук С.В., Тимофеев В.Е.**

Для прогнозирования возможности возникновения отложений гололеда на территории Украины в зимний сезон предложено аналоговый подход с применением построения уравнений линейной дискриминантной функции. Для этого на предыдущих этапах работы были рассчитаны коэффициенты корреляции между 13-ти метеорологических величин (за сутки) в даты начала отложений гололеда на всех станциях Украины и для дальнейшего построения уравнений линейной дискриминантной функции. Было определено значимые коэффициенты корреляции между отдельными метеорологическими величинами, такими как температура воздуха средняя, максимальная, минимальная средняя влажность воздуха, средняя скорость ветра, атмосферное давление на уровне моря. Именно эти величины были использованы для построения уравнений линейной дискриминантной функции и для дат фактического образования отложений гололеда и дальнейшего прогноза ее образования из трех дневной заблаговременностью. В результате проведенных расчетов для зимнего сезона 2001-2013 гг. Было получено уравнение линейной дискриминантной функции для дат фактического образования отложений гололеда и получено достаточно высокую ее оправдываемость. Также для прогнозирования возможного образования отложений гололеда с трех дневной заблаговременностью получено прогностическую функцию линейного дискриминантного анализа для определения возможных таких отложений за зимний сезон 2001-2010 гг. На примере областной центров. Получено удовлетворительную оценку оправдываемости на независимом материале за зимний сезон 2011-2016 гг. Прогностической функции возможных отложений гололеда в течение 2001-2010 гг.

Ключевые слова: опасные явления; отложения гололеда; коэффициент корреляции; дискриминантный анализ; построение линейной дискриминантной функции; прогноз; оценка оправдываемости.

**The construction of the linear discriminant analysis function and its evaluation to determine extreme meteorological phenomena (ice deposits) in Ukraine
Pyasetskaya S.I., Savchuk S.V., Timofeev V.E.**

To predict the possibility of ice deposits on the territory of Ukraine in the winter season, an analogous approach is proposed using the construction of the equations of the linear discriminant function. For this, the correlation coefficients between 13 meteorological values (per day) at the start dates of ice deposits at all stations of Ukraine were calculated. Significant correlation coefficients were determined between individual meteorological variables, such as average air temperature, maximum, minimum average air humidity, average wind speed, and atmospheric pressure at sea level. It is these quantities that were used to construct the equations of the linear discriminant function and for the dates of the actual formation of ice deposits and the further forecast of its formation from a three-day lead time. As a result of the calculations for the winter season of 2001-2013 an equation of the linear discriminant function was obtained for the dates of the actual formation of ice deposits and a sufficiently high justification was obtained. Also, to predict the possible formation of ice deposits with a three-day lead time, a prognostic function of linear discriminant analysis was obtained to determine possible such deposits for the winter season of 2001-2010. On the example of the regional centers, a satisfactory assessment of the justification on an independent material for the winter season of 2011-2016 was obtained.

Thus, in constructing linear discriminant functions to determine the possibility of such an adverse event as ice deposition, a number of conclusions were obtained:

- The sufficiently high validity of the discriminant functions of extreme meteorological phenomena (ice deposits) for the winter season 2001-2013 was obtained. It ranges from 91 % (for the data set at selected dates with ice deposits) up to 90% (for an array of data at the date of extreme cold).

- A sufficiently high estimate of the validity of the independent material for the winter season 2014-2016 was obtained. It is up to 78 % (for an array of data on extreme cold dates and from 90 % (for an array of data on selected dates with ice deposits) .

- The prognostic function of linear discriminant analysis was obtained to determine possible (with 3-day timeliness) extreme meteorological phenomena (ice) during the winter season 2001-2010, using only meteorological values with statistically significant correlation, namely, the maximum air temperature; average humidity; and average wind speed.

- Sufficiently significant and satisfactory validity of the prognostic functions of possible (with 3-day timeliness) extreme meteorological phenomena (ice deposits) for the winter season 2001-2010 was obtained.

Keywords: hazardous phenomena; ice deposits; correlation coefficient; discriminant analysis; construction of a linear discriminant function; forecast; skill assessment.

Надійшла до редколегії 17.12.2019

УДК 551.582, 551.583

Малицька Л. В., Балабух В.О.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, м. Київ

ЙМОВІРНІ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ ДО СЕРЕДИНИ ХХІ СТ.

Ключові слова: ймовірні значення кліматичних показників; сценарій А1В; зміни клімату; температура; швидкість вітру; вологість.

Вступ. За останні десятиріччя проблема змін клімату стала однією з найбільш гострих проблем світової економіки та політики, яка має трансграничний масштаб і ставить під загрозу сталий розвиток всіх країн. Вирішення її вимагає зважених дій у двох напрямках: зниження викидів парникових газів та адаптація чи пом'якшення наслідків змін клімату. Для розроблення адекватних адаптаційних засобів необхідною є інформація про ймовірний стан кліматичної системи на середньо- та довгострокову перспективи, моніторинг сучасних змін клімату, аналіз основних кліматичних показників тощо. Прогнозна кліматологічна інформація має широкий діапазон використання: від масштабних проектів розвитку регіонів до нормативних документів для різних галузей виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні питанню змін клімату в поточному періоді та на середньо- і довгострокову перспективи приділено чималу увагу науковців. Дослідження ймовірних змін клімату проводяться вченими Одеського державного екологічного університету, зокрема в [1] наведено оцінку зміни режимів температури та опадів згідно сценаріїв змін клімату А2 та А1В, за двома кліматичними показниками: середньорічної температури повітря та річної суми опадів для 22 станцій гідрометеорологічних спостережень та трьох періодів дослідження: 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. Зміна режиму температури та опадів представлена також в [2], однак аналізуються зміни середньої температури повітря та зміни річних сум опадів у 2011-2025 відносно 1986-2000 р. для трьох сценаріїв А2, В1 та А1В. Подібні розробки проводяться і в Українському гідрометеорологічному інституті. Для сценарію А1В детальна характеристика термічного режиму за низкою показників представлена у [3]. Дослідження охоплюють і прикладні аспекти, зокрема оцінку майбутніх тенденцій змін характеристик гідрологічного режиму під впливом змін клімату [4], дослідження сильних опадів та паводків в Карпатах [5], оцінки змін клімату водно-болотних та лісових екосистем Українського Полісся [6], тощо.

Наявність значної кількості публікацій засвідчує чималий практичний інтерес.