
ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 551.515.3

СМЕРЧІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА

Бондар О.І.¹, Ващенко В.М.¹, Шпиг В.М.², Лоза Є.А.¹, Кордуба І.Б.¹,
Патлашенко Ж.І.¹, Банніков О.О.¹, Кризська Ю.М.¹

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Василя Липківського 35, 03035, м. Київ
danileo@ukr.net
LozaE@ukr.net

²Український гідрометеорологічний інститут
пр. Науки, 37, 03028, м. Київ
vitold82@i.ua

У роботі аналізується статистика смерчів на території України та їх руйнівні і екологічно небезпечні наслідки. Створено новий зведений каталог смерчів різних типів і потужностей, що містить 6298 випадків спостереження смерчів у період до 2017 р., зокрема, з них більше 430 повідомлень про смерчі на території України. Побудовано географічний розподіл фактів реєстрації смерчів і географічний розподіл частоти спостереження смерчів на території України. На основі ретроаналізу космічних знімків Землі виявлено основні структурні та кількісні характеристики вивалів лісу смерчами в лісових масивах на півночі Київської та на заході Чернігівської областей та ідентифіковано 20 вивалів лісу смерчами, з яких 18 – це смерчі, не зареєстровані в каталогах. Показано, що на території України 90-95% руйнівних смерчів потужністю EF1 (за вдосконаленою шкалою Фудзита-Пірсона) і вище залишаються незареєстрованими. *Ключові слова:* смерч, статистика, екологічна небезпека, частота, карти, вивали лісу, космічні знімки.

Смерчи на территории Украины и их экологическая опасность. Бондарь А.И., Ващенко В.Н., Шпиг В.М., Лоза Е.А., Кордуба И.Б., Патлашенко Ж.И., Банников А.А., Кризская Ю.М. В работе анализируется статистика смерчей на территории Украины и их разрушительные и экологически опасные последствия. Создан новый сводный каталог смерчей различных типов и мощностей, содержащий 6298 случаев наблюдения смерчей в период до 2017 г., в частности, из них более 430 сообщений о смерчах на территории Украины. Построено географическое распределение фактов регистрации смерчей и географическое распределение частоты наблюдения смерчей на территории Украины. На основе ретроанализа космических снимков Земли выявлены основные структурные и количественные характеристики вывалов леса смерчами в лесных массивах на севере Киевской и на западе Черниговской областей и идентифицировано 20 вывалов леса смерчами, из которых 18 – смерчи, не зарегистрированные в каталогах. Показано, что на территории Украины 90-95% разрушительных смерчей мощностью EF1 (по улучшенной шкале Фуджита-Пирсона) и выше остаются незарегистрированными. *Ключевые слова:* смерч, статистика, экологическая опасность, частота, карты, вывалы леса, космические снимки.

Tornadoes in Ukraine and ecological hazard. Bondar O., Vashchenko V., Shpyg V., Loza Ye., Korduba I., Patlashenko Zh., Bannikov O., Kryzaska Yu. The present paper analyses tornado statistics in Ukraine and their destructive and environmentally hazardous consequences. A new merged catalog of tornadoes of all types and intensities was created containing 6298 tornadoes up to 2017. Over 430 of these records correspond to Ukraine territory. The geographic distributions of tornadoes and tornado observation frequency in Ukraine was mapped. Satellite imagery analysis was used to determine the main structural and quantitative characteristics of forest destruction by tornadoes in forest areas in north of Kyiv and west of Chernihiv oblasts. 20 forest destructions by tornadoes were identified, 18 of those correspond to tornadoes previously unregistered in catalogs. In low-populated regions of Ukraine 90-95% of destructive tornadoes with EF1+ intensity according to enhanced Fujita–Pearson scale are undetected and not recorded. *Key words:* tornado, statistics, ecological hazard, frequency, maps, forest destruction, satellite images.

Постановка проблеми. Смерчі належать до небезпечних і важко передбачуваних гідрометеорологічних явищ у формі атмосферних вихорів, які часто мають високу руйнівну здатність і можуть спричинити значну екологічну небезпеку. Щорічно на Землі в середньому реєструється більше 3000 смерчів. Найбільша кількість смерчів спосте-

рігається в Сполучених Штатах, де лише на території так званої «Алеї Торнадо» внаслідок смерчів щороку близько 80 людей гинуть і понад 1500 отримують поранення [1]. Отже, дослідження смерчів є важливим для розробки методів прогнозування, щоб запобігти потенційних катастрофічних екологічних наслідків.

Починаючи із середини ХХ століття відбулися кількісні і якісні зміни у сфері моніторингу і дослідження фізичного стану атмосфери (приземні метеорологічні спостереження, радіо- і ракетні зондування атмосфери, супутникові і радарні дослідження), накопичено великий об'єм вимірювальних даних. Було встановлено, що кількість спостережуваних смерчів із кожним десятиріччям збільшується. За даними Центру дослідження епідеміології стихійних явищ (Бельгія), динаміка зростання кількості стихійних явищ гідрометеорологічного походження, в тому числі смерчів, у світі була такою [2]: 428 (1974–1978 рр.), 681 (1979–1983 рр.), 817 (1984–1988 рр.), 970 (1989–1993 рр.), 997 (1994–1998 рр.) і 1707 (1999–2003 рр.). З 1990 р. по 1999 р. втрати від стихійних катастроф зросли майже вдвічі, а середньорічна кількість постраждалих досягла 188 млн. чоловік [3].

Дослідження, виконані за даними державної гідрометеорологічної мережі, показують, що починаючи з кінця ХХ ст. в Україні в теплий період спостерігається тенденція до збільшення середньої температури та вологовмісту тропосфери, що зумовлює зростання конвективної потенціальної енергії атмосфери, збільшення швидкості висхідних потоків, підвищення рівня конвекції і збільшення нестійкості атмосфери. В Україні зросли повторюваність купчасто-дощових хмар, кількість та інтенсивність сильних злив, граду, гроз, шквалів та смерчів [4; 5].

1. Небезпека смерчів

У світі смерчі призводили до катастрофічних екологічних наслідків, значних руйнувань та численних смертельних випадків.

Унаслідок смерчу з потужністю F3 за шкалою Фудзіти-Пірсона 26 квітня 1989 року в Бангладеші принаймні 1300 людей загинули, 12 000 отримали поранення і десятки тисяч будівель зруйновано. Економічні збитки склали \$1,5 млн. [6].

Малопотужні короточасні смерчі також можуть призводити до катастрофічних наслідків, наприклад, смерч потужністю EF1 за вдосконаленою шкалою Фудзіти-Пірсона у Цзяньлі в Китаї в червні 2015 року спричинив затоплення річкового лайнера і загибель майже 450 пасажирів [6].

Смерч 3 травня 1999 року в Сполучених Штатах поблизу міста Оклахома був визнаний найпотужнішим смерчем в історії спостережень, із швидкістю вітру у воронці смерчу до 490 км/год [7].

Протягом останніх 200 років в Європі також спостерігалися смерчі з катастрофічними наслідками. Наприклад, смерч поблизу м. Монвіль (Франція) в серпні 1845 року спричинив принаймні 70-200 смертельних випадків [8; 9; 10]; смерч поблизу м. Іваново (Росія) в червні 1984 р. спричинив 69-400 смертельних випадків [84 11]; смерч у муніципалітеті Орія (Італія) у вересні 1897 р. спричинив 55 смертельних випадків [8].

Протягом останніх 100 років смерчі потужністю F3 неодноразово спостерігалися на території України. А смерчі потужністю F4-F5 спостерігали на території Польщі біля українсько-польського кордону: 20 липня 1931 року поблизу м. Люблін і 20 травня 1960 року біля с. Ніборз [12].

Кількість і руйнівна сила європейських смерчів менше, ніж смерчів у США, однак вони щорічно призводять до економічних та людських втрат в Європі і несуть значну екологічну небезпеку. У 1950–2015 роках європейські смерчі спричинили до 316 смертельних випадків, 4462 випадків травмування та загальний збиток у сумі приблизно 1 млрд. євро [13].

2. Вивчення смерчів у США та Європі

Найперші спроби прогнозування смерчів розпочалися в 1880-х роках у США, коли Д. Фінлі були сформульовані можливі гідрометеорологічні умови виникнення смерчів [14], на підставі яких у 1884–1886 рр. було зроблено декілька успішних прогнозів смерчів. Однак згодом американські метеорологи заявили, що прогноз смерчів може викликати паніку серед населення. Тому в 1905 році було офіційно заборонено використовувати слово «смерч» і публікувати їх прогнози [15]. Переломним моментом в усвідомленні сприйняття небезпеки смерчів у США стала серія катастрофічних смерчів. Зокрема, смерч 8 березня 1925 р. спричинив 695 смертей та 2 000 поранень на території штатів Міссурі, Іллінойс і Індіана.

Лише в 1950 році було знято «заборону» на використання слова «смерч». А в 1965 році смерч, відомий під назвою Palm Sunday, призвів до 271 смертельних випадків і збитків у сумі \$200 млн. [16], що остаточно змусило Американську службу погоди надати питанням смерчонебезпеки на території США пріоритетного статусу. На сьогодні завчасність попередження про небезпечні смерчі в США становить близько 10-15 хвилин.

В Європі за період 1950–2015 років середньорічна кількість зареєстрованих смерчів становила 83 випадки, що в 11 разів менше, ніж у Сполучених Штатах за цей період. Однак за останні 20 років кількість повідомлень про смерчі в Європі збільшилася більш, аніж у 13 разів. У 2015 році в Європі було зареєстровано 206 смерчів [13].

3. Смерчі на території України

Як і на всій території Європи, на території України також виникають смерчі. У табл. 1 наведено приклади деяких потужних смерчів та їх руйнівних і екологічних наслідків, що спостерігались на території України.

З точки зору екологічної небезпеки слід звернути увагу на те, що з 20 смерчів у табл. 1, як мінімум, 4 смерчі викачали воду з природних або техногенних водойм та річок разом із рибою та іншими гідробіологічними об'єктами.

На сьогодні немає єдиного «повного» каталогу смерчів на території України, в результаті чого існу-

Список деяких потужних смерчів, що спостерігались на території України

Дата, регіон	Характеристики смерчу
Весна 1933 р. Волинська обл.	Смерч викачав воду з озера біля с. Римачі (Любомильський р-н) разом із рибою та раками і розкидав їх на територіях неподалік селища.
26 травня 1948 р. Донецька обл.	Поблизу с. Білогорівка та с. Берестове смерч із діаметром в основі до 30 м скинув 7 вагонів пасажирського потягу з полотна залізниці.
7 липня 1960 р. Волинська обл.	Смерч біля с. Хорів (Локачинський р-н) викачав воду з меліоративного каналу до дна, підняв у повітря і переніс на 50 м уздовж каналу жінку, позривав дахи будинків, повалив бетонні опори електроліній, зруйнував близько 50 будинків, вирвав із корінням дерева, переніс кілька корів на декілька кілометрів.
Літо 1963 р. Київська обл.	Біля с. Карапишів смерч розкидав тракторні причепи і трактори.
30 травня 1985 р. Київська обл.	Смерчі в Дніпровському районі в північно-східній частині м. Києва, на лівому березі р. Дніпро зруйнували гаражі, вибили вікна в будинках, вирвали з корінням дерева і шматки асфальту з дорожнього покриття. Було виявлено два осередки руйнувань загальною площею приблизно в 70 га. У Вишгородському районі Київської області смерч спричинив руйнування на площі 203 кв. км.
1997 р. Волинська обл.	Біля с. Раків Ліс смерч спричинив загибель 4 людей, 17 поранень, зруйнував близько 200 будинків, знищив та пошкодив 60000 га посівів. Для ліквідації наслідків залучалося 1700 чоловік та 100 одиниць спец техніки.
11-16 червня 2001 р. м. Фастів	Смерч спричинив вивал лісу, пошкодив опори ЛЕП, знищив 4 будинки, викачав воду з водойми площею в три гектари разом із рибою.
Липень 2001 р. Південний Буг	Протягом двох діб руйнівні смерчі пройшли вздовж Південного Бугу від Львівської до Одеської областей, забравши життя п'ятьох людей.
13 липня 2010 р. Харківська обл.	Смерчі пошкодили поля, постраждало двоє осіб.
18 липня 2012 р. Київська обл.	У с. Карапишев Миронівського району смерч зруйнував житлові будинки і лікарню.
4 червня 2012 р. Чернігівська обл.	Смерч у с. Євмінка пошкодив 96 дворів, зруйнував 29 житлових будинків, шифер разом із балками рознесло на кілометри, вивалено більше 50 га лісу.
6 червня 2012 р. Чернігівська обл.	Смерч вивалив 10 га лісу, а повалені дерева блокували рух автотранспорту центральними і місцевими автодорогами. Без електро- та телефонного зв'язку залишилось близько 60 населених пунктів у Козелецькому, Прилуцькому, Срібнянському та Бобровічеському р-нах.
6 червня 2012 р. Волинська обл.	У с. Мокрець смерч зруйнував дахи, викорчував столітні дерева і зруйнував пам'ятники на цвинтарі.
23 травня 2013 р. м. Суми	Смерч вивалив десятки дерев, зірвав дахи будівель, обірвав лінії електропередач.
15 травня 2014 р. м. Умань.	У Христинівському і Монастирищенському р-нах смерч вивалив дерева, зірвав шифер із дахів, пошкодив залізобетонні опори ЛЕП, підняв у повітря бджолині вулики, зсунув із бетонної основи трансформаторну станцію вагою 15 т, підняв у повітря рейсовий автобус «Еталон» із 12 пасажирами на автотрасі Умань-Монастирище і кинув у поле за кілька десятків метрів від шосе.
22 вересня 2014 р. м. Костопіль	Потужний смерч у м. Костопіль пошкодив майже 50 будинків, зламав кам'яні загорожі, паркани та зривав дахи, вивалив дерева у садах.
27 червня 2015 р. м. Дніпропетровськ	У с. Волоське смерч діаметром 100 м знищив будинки, вивалив дерева, вирвав із землі газові труби, декілька людей дістали поранення, в повітря підняло жінку, вирвав металеві завіси дверей і пошкодив паркани. Дах одного з будинків знайшли за 6 км. З Дніпра смерч підняв воду із рибою і викинув її на трасу.
12 вересня 2015 р. Полтавська обл.	У с. Пронозівка смерч зірвав дахи, вивалив дерева і повалив бетонні загородження. Деревя були перенесені на десятки метрів.
14-15 травня 2016 р. Луганська обл.	У Станично-Луганському р-ні смерч зруйнував 25 будинків і 10 опор електроліній.
31 травня 2016 р. Одеська обл.	Короткочасний руйнівний смерч вивалив тисячі дерев, залишив без світла 250 населених пунктів, паралізував рух транспорту; були загиблі та постраждали.

ючі оцінки імовірності виникнення смерчів значно занижені.

Для уточнення статистики спостереження та реєстрації смерчів різних типів на території України в даній роботі був створений новий каталог смерчів на основі синтезу даних Європейської бази даних екстремальних погодних явищ (European Severe Weather Database) [12; 17], Tornado-Map.de [6], додатку до РБ-022 [18], матеріалів інтернет-журналу meteoweb.ru [19], каталогів смерчів на території колишнього СРСР 2012 р. [20] та 2013 р. [21] та матеріалів статті [22]. До нового каталогу було відібрано 6298 випадків реєстрації смерчів. З них 5794 випадків були зареєстровані в географічному регіоні 21°-65° сх. д. та 44°-71° пн. ш. за період до січня 2018 р. Оскільки базові каталоги частково містили повідомлення про одні й ті ж самі смерчі, була проведена фільтрація можливих «дублікатів», у результаті до каталогу увійшло 4406 смерчів. Із них на території України – близько 430 смерчів. Обробка даних виконана у Free Pascal, Lazarus, рендер на основі Castle Game Engine.

Географічний розподіл смерчів на території України представлено на рис. 1.

4. Частота смерчів на території України

З точки зору перспективи вдосконалення методів розрахунку небезпечних ризиків, пов'язаних із виникненням та впливом руйнівних і екологічно небезпечних смерчів, тобто смерчу класу EF1 і більше, доцільно побудувати географічний розподіл частоти їх реєстрації за певний проміжок часу (рис. 2). На цьому рисунку показано географічний розподіл частоти реєстрації смерчів усіх типів і потужностей на території України в одиницях кіль-

кості зареєстрованих смерчів на 100 років на площі 1°x1°. Частота зареєстрованих смерчів приведена до середніх показників на 2007–2017 роки.

Розрахунок частоти проводився за формулою:

$$P = P_{2007-2017} \cdot \frac{N}{N_{all}}$$

де P – результуюча частота реєстрації смерчів для конкретної території (розмір чарунки 1°x1°), N – кількість зареєстрованих смерчів для цієї території за весь період спостережень, $P_{2007-2017}$ – середня щорічна кількість повідомлень про смерчі за період 2007–2017 та N_{all} – загальна кількість повідомлень про смерчі за весь період спостереження на території України.

Значення частоти реєстрації смерчів усіх типів становить 5-80 смерчів (при середньому значенні 20,6) на території площею 1°x1° на 100 років. Для руйнівних смерчів потужністю EF1 і більше на території України частота реєстрації смерчів становить 0-29 (при середньому значенні 4,3) смерчів на території площею 1°x1° на 100 років.

5. Виявлення вивалів лісу на космічних знімках високої роздільної здатності

У роботах [13; 23] було зроблено висновок, що кількість смерчів, зареєстрованих в Європі на одиницю площі, корелює з густиною населення. Таким чином, у малонаселених районах реальні смерчі залишаються неповідомленими та незареєстрованими, і це спотворює їх статистику та ускладнює вивчення їх гідрометеорологічних, кліматичних та інших характеристик. В останні роки було розроблено підхід для виявлення на ненаселених територіях реальних смерчів на основі ретроспективних



Рис. 1. Географічний розподіл смерчів на території України

Джерело: за даними каталогів [6; 12; 17–22]

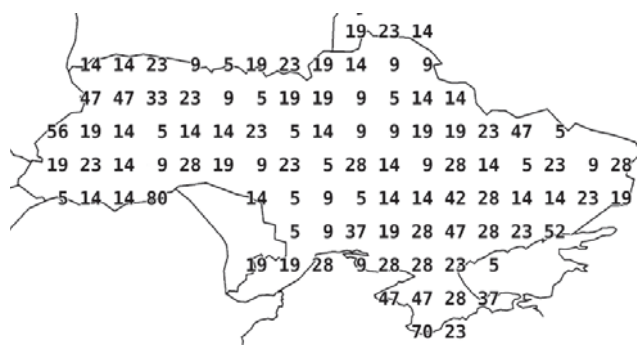


Рис. 2. Географічний розподіл частоти реєстрації смерчів різних типів (кількість подій на 100 років, приведена до середніх показників 2007–2017 рр.) на території України. Рівнопрямісна проекція, розмір чарунки 1°x1°

даних космічного дистанційного зондування Землі в лісових районах [22; 24]. За допомогою даних Global Forest Watch та аналізу космічних знімків на лісових територіях Росії було виявлено 110 випадків вивалів лісу, спричинених смерчами потужністю EF1 і вище. При цьому тільки 5 із них були зареєстровані в European Severe Weather Database [22].

Статистика виявлених таким методом смерчів свідчить про те, що для ненаселених чи малонаселених районів 95-96% випадків реальних смерчів потужністю EF1 і вище залишаються незареєстрованими в каталогах. Тобто на один зареєстрований смерч припадає 20 незареєстрованих руйнівних смерчів, які спричиняють вивали лісу на значних площах і несуть суттєву екологічну небезпеку. Ці результати узгоджуються з тим фактом, що в Сполучених Штатах у 1920-х роках середня кількість зареєстрованих смерчів становила 100-200 на рік, а в останнє десятиліття середня річна кількість звітів про спостереження та реєстрацію смерчів перевищила 1200.

У даній роботі аналогічний підхід був використаний для пошуку незареєстрованих смерчів у північній частині України на основі аналізу космічних знімків, представлених у програмі Google Earth Pro. На цій основі був проведений пошук вивалів лісу на заході Чернігівської та півночі Київської областей. У результаті було виявлено 20 випадків вивалів лісу смерчами (див. рис. 3–5), з яких 5 були підтверджені



а) б)

Рис. 3. Вивали лісу смерчем потужністю EF3-EF4 біля м. Березань у 1988 році. Повністю знищено до 2 тис. га лісу, знято кору з дерев. Зображення з супутника Landsat: а) 1987 року, б) 1988 року.

Images from Google Earth, Image Landsat / Copernicus

свідченнями очевидців та польовими дослідженнями авторів цієї роботи.

Смерч поблизу м. Березань у 1988 році (рис. 3) за площею вивалу лісу був у три рази масштабнішим, ніж смерч 1989 року в Бангладеші, який призвів до 1300 смертельних випадків та інших катастрофічних наслідків [25]. На щастя, Березанський смерч оминув населені пункти і спричинив вивали лісу на 1.7-7.4 км на південь від м. Березань.

На території Чорнобильської зони відчуження на космічних знімках було виявлено 9 випадків вива-

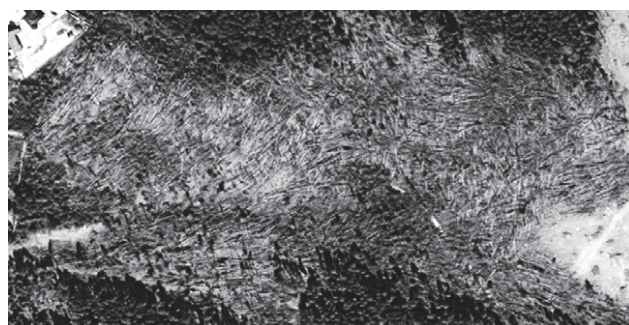


Рис. 4. Вивали лісу смерчем потужністю EF2-EF3 поблизу с. Свинка Чернігівської обл. улітку 2012 р. Images from Google Earth, Image © 2018 CNES / Airbus



Рис. 5. Вивал лісу, спричинений смерчем потужністю EF1-EF2 біля с. Красне у 2013 році. Фотографії © Ващенко В.М



Рис. 6. Карта смерчів, занесених у каталоги (крапки) та вивалів лісу смерчами ідентифікованих у даній роботі на космічних знімках (квадрати)

лів лісу загальною площею 584 га, що могли бути спричинені явищем, відомим як «вибух смерчів» у 2010 р. Один із цих вивалів лісу був ідентифікований на відстані 1,5 км на захід від водойми-охолоджувача ЧАЕС.

На рис. 6 представлена карта географічного розташування вивалів лісу, спричинених смерчами в географічному регіоні 29°42'–31°42' сх. д. та 50°12'–51°42' пн. ш. Крім смерчу біля с. Євминка (Козелецький р-н, Чернігівська обл.), усі виявлені смерчі в зазначеному регіоні не були раніше зареєстровані в каталогах.

Висновки.

1. На основі наявних у відкритому доступі каталогів смерчів створено новий зведений каталог

смерчів різних типів і потужностей, що містить 6298 випадків спостереження смерчів на територіях України, Білорусі, Молдови, Польщі, Румунії, Угорщини та інших європейських територій, найближчих до України в період до 2017 р.

2. Побудовано географічний розподіл фактів реєстрації смерчів на території України.

3. Географічний розподіл частоти реєстрації смерчів на території України, приведений до показників 2007–2017 рр., показує, що середня частота реєстрації смерчів становить 20,6 смерчів на площі 1°x1° на 100 років. Для руйнівних смерчів потужністю EF1 і вище ця величина складає 4,3 смерчів на площі 1°x1° на 100 років.

4. Ретроспективний аналіз архівних серій космічних знімків високої роздільної здатності дозволяє оцінити основні структурні та кількісні характеристики вивалів лісу смерчами на території України і визначити параметри смерчів, що спричинили ці вивали лісу.

5. У лісових масивах на півночі Київської та на заході Чернігівської областей виявлено 20 вивалів лісу смерчами. Із них 18 смерчів не зареєстровані в каталогах. 17 ідентифікованих вивалів лісу були спричинені смерчами з потужностями EF1 і вище. Зокрема, на території Чорнобильської зони відчуження в 2010–2011 рр. виявлено 9 просторово розділених вивалів лісу смерчами загальною площею 584 га.

6. Показано, що на території України 90-95% смерчів потужністю EF1 і вище залишаються не зареєстрованими, а отже, реальна кількість смерчів у 20 разів може перевищувати кількість смерчів, зареєстрованих у каталогах.

Література

1. Tornado Facts. URL: <https://www.nationalgeographic.com/environment/natural-disasters/tornadoes/>. (Дата звернення 11.05.2018).
2. Thirty years of natural disasters 1974-2003: The numbers / [Ed. by D. Guha-Sapir, D. Hargitt, P. Hoyois]. Louvain-la-Neuve: Presses universitaires de Louvain, 2004. 188 p.
3. Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives / [Ed. by Mohamed Abchir, Carmen Schlosser, Ian Davis et al.]. Geneva: United Nations, 2004. 457 p.
4. Балабух В.А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине // Глобальные региональные изменения климата / под ред. Осадчего В.И]. Киев: Ника-Центр, 2011. С. 161–173.
5. Заболоцька Т.М., Шпиталь Т.М. Характеристика умов розвитку тривалих злив та гроз у різні сезони 2012 року // Наукові праці УкрНДГМІ, 2012, Вип. 263. С. 44–65.
6. Tornado Map (April 2018). URL: <http://www.tornado-map.de>. (Дата звернення 24.04.2018).
7. Wurman, J., Kosiba, K. (2012) Finescale Radar Observations of Tornado and Mesocyclone Structures. American Meteorological Society. URL: <https://doi.org/10.1175/WAF-D-12-00127.1>. (Дата звернення 11.05.2018).
8. Ravillious, K. (2018) Weatherwatch: Europe has a history of fatal tornadoes. The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/news/2018/apr/13/weatherwatch-europe-has-a-history-of-fatal-tornadoes>. (Дата звернення 11.05.2018).
9. British & European Tornado Extremes. The Tornado & Storm Research Organisation. URL: http://www.torro.org.uk/whirlwind_info.php. (Дата звернення 11.05.2018).
10. Dessens, J., Snow, J. (1988). Tornadoes in France. American Meteorological Society. URL: [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1989\)004<0110:TIF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1989)004<0110:TIF>2.0.CO;2). (Дата звернення 11.05.2018).
11. Finch, J., Bikos, D. (2012) Russian tornado outbreak of 9 June 1984. Electronic J. Severe Storms Meteor., 7(4), 1-28.
12. European Severe Weather Database (April 2018). URL: <https://www.eswd.eu/>. (Дата звернення 24.04.2018).
13. Antonescu B., Schultz D., Holzer A., Groenemeijer P. Tornadoes in Europe: An Underestimated Threat // American Meteorological Society. 2017. URL: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0171.1>. (Дата звернення 3.04.2018).

14. Finley J.P. (1884). Intelligence from American scientific stations. *Science*. 3. 767–768.
15. Bradford M. (1999) Historical Roots of Modern Tornado Forecasts and Warnings. *Weather and forecasting*, Vol. 33. № 2. URL: [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1999\)014%3C0484:HROMTF%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1999)014%3C0484:HROMTF%3E2.0.CO;2). (Дата звернення 11.05.2018).
16. Heidorn K.C. (2007). 1965 Palm Sunday Tornado Outbreak Part I: The Beginning. *The Weather Doctor*. URL: http://www.islandnet.com/~see/weather/events/1965palmsun_torn.htm. (Дата звернення 11.05.2018).
17. Dotzek N., Groenemeijer P., Feuerstein B., Holzer A. Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD. *Atmos. Res.* 2009. Vol. 93. P. 575–586.
18. Руководство по безопасности РБ-022-01 «Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии» (утв. постановлением Госатомнадзора Российской Федерации от 28 декабря 2001 г. № 17) (2001).
19. Интернет-журнал. URL: meteoweb.ru, <http://meteoweb.ru>, (Дата звернення 3.04.2018).
20. Каталог смерчей на территории Российской Федерации и стран бывшего СССР в 2012 году. (2012) URL: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1Wdxk4vgK1TDAMGoI4Cul85jwuAE>. (Дата звернення 3.04.2018).
21. Каталог смерчей на территории России, Казахстана, Украины и Белоруссии в 2013 году. (2014). URL: <http://earth-chronicles.ru/news/2014-01-09-57543>. (Дата звернення 3.04.2018).
22. Shikhov A., Chernokulsky A. A satellite-derived climatology of unreported tornadoes in forested regions of northeast Europe // *Remote Sensing of Environment*. 2018. Vol. 204. P. 553–567. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.002>.
23. Taszarek M., Brooks H. Tornado Climatology of Poland // *American Meteorological Society*. 2015. URL: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00185.1>. (Дата звернення 7.05.2018).
24. Шихов А.Н., Тарасов А.В. Идентификация случаев возникновения смерчей в лесной зоне по многолетним рядам данных дистанционного зондирования Земли // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. Т. 13. № 3. С. 84–94.
25. Finch, J., Dewan, A. TORNADOS IN BANGLADESH AND EAST INDIA. URL: <http://www.bangladeshtornadoes.org/climo/btorecli0.htm> (Дата звернення 11.06.2018).