
ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 504.315

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.19>

СИНОПТИЧНІ УМОВИ УТВОРЮВАННЯ ТУМАНІВ НА ХЕРСОНЩИНІ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДАНОГО ЯВИЩА

Волошина О.В., Родінова І.О.

Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна
voloshyna.ev@gmail.com; irinarodinoval1@gmail.com

Точне прогнозування видимості важливе для безпеки повітряного судна, оскільки туман ускладнює спостереження, орієнтацію й управління літаком, що може призвести до аварійної ситуації. Окрім авіації утруднення виникають у діяльності залізничного, водного, автомобільного транспорту, адже при поганій видимості можуть виникати аварії на трасах. У великих містах все частіше туман поєднується з утворенням смогу, що вкрай несприятливо позначається на здоров'ї та самопочутті людей.

У даному дослідженні визначено вплив фізико-географічних особливостей Херсонської області на утворення туманів; оцінено тенденцію повторюваності середньо-обласної кількості днів з туманом за багаторічний період; проаналізовано особливості розподілу туманів за сезонами; виявлено зміни, які відбулися за багаторічний період; досліджено частоту утворення туману з різною інтенсивністю на Херсонщині.

У статті викладено результати комплексного аналізу метеорологічних умов формування туманів на території АМСЦ Херсон, оцінено вплив місцевих геофізичних чинників, що сприяють утворенню туманів та проаналізовано розподіл туманів в часі. В основу дослідження покладено метеорологічну інформацію, яка була отримана за строковими спостереженнями за холодний (листопад-березень) й теплий (квітень-жовтень) періоди на авіаметеорологічній станції Херсон за 2005–2020 рр. Також був проведений аналіз синоптичних ситуацій при утворенні туману. Для цього були використані приземні карти погоди та карти АТ-850, які взяті з сайту www.wetterzentrale.de. Оцінено ефективність методів прогнозування адвективного та радіаційного туману. Проаналізовано випадки прогнозу туману, які не виправдались.

Була досліджена типізація синоптичних ситуацій при туманній погоді та були проведені дослідження кількості туманів на території АМСЦ Херсон [2]. *Ключові слова:* клімат, видимість, вологість, синоптична ситуація, повторюваність, тривалість, південь України.

Meteorological conditions of fog formation in Kherson region and evaluation of efficiency of forecasting methods of this phenomenon. Voloshyna O., Rodinova I.

Accurate visibility forecasting is important for aircraft safety, as fog complicates the observation, orientation, and control of the aircraft, which can lead to an accident. In addition to aviation, there are difficulties in rail, water, and road transport because of poor visibility there may be accidents on the tracks. In large cities, fog is increasingly combined with the formation of smog, which is extremely detrimental to human health and well-being.

This study identified the influence of physical and geographical features of the Kherson region on the formation of fogs; the tendency of recurrence of the average regional number of days with fog for a long-term period is estimated; geographical features of fog distribution by seasons are analyzed; identified changes that have occurred over many years; the frequency of fog formation with different intensity in Kherson region was studied.

The article presents the results of a comprehensive analysis of meteorological conditions of fog formation on the territory of Kherson aviation meteorological station, assesses the impact of local geophysical factors that contribute to fog formation and analyzes the distribution of fog over time. The study is based on meteorological information obtained from periodic observations of cold (November-March) and warm (April-October) periods at the Kherson aviation meteorological station for 2005–2020. The analysis of synoptic situations during fog formation was also carried out. For this purpose, surface weather maps and AT-850 maps were used, which were taken from the website www.wetterzentrale.de. The efficiency of advective and radiation fog forecasting methods is evaluated. Cases of fog forecast analysis that were not justified were analyzed.

The typification of synoptic situations in foggy weather was studied and the number of fogs on the territory of AMC Kherson was studied [2]. *Key words:* climate, visibility, humidity, synoptic situation, recurrence, duration, south of Ukraine.

Постановка проблеми. На земній кулі погодні умови дуже різноманітні. Спостерігаючи за змінами погоди у певній місцевості протягом десятків років визначають її особливості для кожної пори року. Однією з найважливіших міжнародних проблем XXI-го століття є зміна загальнопланетарного клімату. На сьогоднішній день існує великий ризик непорозу-

міння та недооцінки всіх факторів та масштабів впливу різноманітних космічних та геологічних процесів на глобальну зміну клімату на Землі. Клімат України надзвичайно чутливий до зміни глобального клімату, тому є гостра потреба у нових дослідженнях у цій галузі.

Тумани відносяться до небезпечних атмосферних явищ, що погіршують видимість, за рахунок

зважених у повітрі конденсованих крапельок води, що в свою чергу призводить до накопичення шкідливих домішок та погіршення екологічної ситуації. Наявність туману впливає як на роботу транспорту, так й інші види народного господарства. З огляду на це слід спрямувати зусилля на виявлення дійсних причин виникнення та розподілу туманів. Це дозволить більш точно враховувати ці характеристики при плануванні роботи транспорту та інших галузей, а також завчасно попереджати про екологічну ситуацію.

Актуальність дослідження. Оскільки погодні умови з туманом ускладнюють і лімітують роботу в багатьох галузях економіки, впливають на життєдіяльність людей, вивчення даної тематики є важливим і актуальним на сьогодні, особливо у зв'язку з сучасними змінами клімату.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Характеристики просторово-часового розподілу туманів використовуються щодо питань теплового балансу підстилаючої поверхні, забруднення нижніх шарів атмосфери, будівництва висотних і геліотехнічних споруд. Тумани дуже ускладнюють і навіть зупиняють роботу всіх видів транспорту.

Найбільший практичний інтерес тумани становлять для авіації. Досить сказати, що тумани викликають стільки ж порушень розкладу руху літаків, скільки й всі інші явища погоди. Тому важливість вивчення туману як в кліматологічному плані, так і у прогностичному очевидна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні велика кількість учених приділяють увагу сучасним змінам клімату, у тому числі особливостям поширення небезпечних і стихійних гідрометорологічних явищ, зокрема туману. Дана тематика представлена у наукових працях таких вітчизняних науковців як М. І. Кульбіда «Сучасний стан клімату України», «Глобальне потепління та частота стихійних явищ у Україні», В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко «Стихійні метеорологічні явища на території України за останні двадцятиріччя (1986–2005рр.)» [1].

Новизна отриманих результатів полягає в проведенні аналізу синоптичних ситуацій, за яких створюються умови для утворення туманів над територією Херсонщини за 2005–2020рр.

Метою роботи є визначення сучасних синоптичних умов утворення туманів та оцінка справдженості методу прогнозування адвективного туману Кошеленко І. В. та методу прогнозування радіаційного туману Зверева О. С. на території Херсонщини.

Виклад основного матеріалу. В основу дослідження умов утворення туманів на території АМСЦ Херсон покладено метеорологічну інформацію, яка була отримана за строковими спостереженнями за холодний (листопад-березень) й теплий (квітень-жовтень) періоди. Була досліджена повторюва-

ність туманів по роках з 2005 по 2020 рр. Також був проведений аналіз синоптичних ситуацій при утворенні туману. Для цього були використані приземні карти погоди та карти АТ-850, які взяті з сайту www.wetterzentrale.de.

Туман являє собою результат конденсації водяної пари (тобто перехід водяної пари, що міститься в повітрі, в рідкий стан) в безпосередній близькості до земної поверхні.

На території України можна виділити кілька різновидів річного ходу туману. На більшій частині країни максимум утворення туману припадає на зимові місяці (грудень-січень), мінімум на весняні (квітень-травень) та літні(червень-серпень). Відносно рівній річний хід відмічається у північних і західних районах з певним збільшенням кількості днів з туманом у жовтні-листопаді і зменшенням – у травні-липні [1].

З даних таблиці 1 видно, що на АМСЦ Херсон більша кількість випадків з туманом спостерігалась під час антициклону – 23,6%. Як правило, це радіаційні тумани, що виникають вночі за безхмарної погоди.

У січні найбільша вірогідність формування туманів під час циклону – 5.6%, у лютому – коли спостерігається циклон або улоговина – витягнута частина циклону (3.1%). У березні найбільший відсоток туманів формується, коли над територією гребінь – витягнута частина антициклону (1.8%), а у квітні, травні, вересні та жовтні при антициклоні. У листопаді та грудні тумани переважають, коли спостерігається гребінь антициклону.

Аналізуючи дані таблиці 2 можна зробити висновок, що за холодний період на АМСЦ Херсон найбільше всього туманів, коли над територією спостерігається гребінь антициклону (79 випадків). Найменше випадків з туманом у холодний період року було зафіксовано під час холодного фронту та фронту оклюзії (по 8 випадків).

Загалом на АМСЦ Херсон більше всього туманів було під час переважання антициклональної погоди. Такі тумани, які утворюються в центрі антициклону ввечері або вночі у безхмарну погоду, внаслідок радіаційного охолодження земної поверхні та маси вологого приземного повітря до точки роси, є радіаційними.

Так само для антициклону характерні адвективні тумани, які формуються, як правило, на південно-східній, східній периферії антициклону при виносі теплого вологого повітря на холодну поверхню. Така ситуація можлива в холодний період року. Це також підтверджує той факт, що найбільша кількість випадків із туманом у холодний період припадає на антициклональну погоду.

За теплий період найбільша кількість туманів нараховується під час антициклону (50 випадків), а найменше туманів у теплий період спостерігається, коли над Херсонщиною панує фронт оклюзії (3 випадки).

Таблиця 1

Повторюваність (%) різних синоптичних ситуацій в туманну погоду на АМСЦ Херсон

Місяць/ Син. ситуація	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всього
Циклон	5,6	3,1	1,3	1,3	1,6	–	–	–	0,5	0,2	1,6	3,4	18,6
Теплий сектор циклону	1,3	0,7	0,9	0,7	0,2	–	–	–	0,2	0,2	1,3	1,1	6,6
Улоговина	3,1	3,1	2,0	0,5	0,2	–	–	0,2	0,2	1,3	2,0	3,4	16,0
Антициклон	2,5	0,9	1,3	1,8	1,6	0,2	–	–	3,1	4,5	4,3	3,4	23,6
Гребінь	2,5	3,0	2,5	0,2	0,5	–	–	0,2	0,5	1,6	5,4	3,6	20,0
Хол. фронт	–	0,2	0,7	0,5	–	0,2	–	–	0,5	0,9	0,7	0,2	3,9
Тепл. фронт	4,5	2,0	0,5	0,2	0,2	–	–	–	–	0,7	0,7	0,2	9,0
Фронт оклюзії	0,2	0,9	0,2	0,2	–	–	–	–	–	0,5	0,2	0,2	2,4

Таблиця 2

Кількість випадків з туманом при різних синоптичних ситуаціях за теплий та холодний період на АМСЦ Херсон (2009–2019 рр.)

Тип синоптичної ситуації	Холодний період	Теплий період	Всього
Теплий фронт	39	5	48
Холодний фронт	8	9	17
Фронт оклюзії	8	3	11
Циклон	64	17	81
Улоговина циклону	67	11	78
Теплий сектор	19	6	25
Антициклон	55	50	105
Гребінь антициклону	79	13	92

Аналіз кількості днів із туманом за три різні періоди 1891–1960 рр., 1961–1990 рр. та 2005–2020 рр. вказує на те, що кількість днів із туманом істотно знизилася, але при цьому зберігається переважання днів із туманом у холодний період [6].

Аналізуючи найбільшу кількість днів з туманом по місяцях (табл. 3) можна сказати, що найбільше всього днів з туманом було відмічено у грудні – 18 днів, найменше у червні та серпні – по 2 дні. У липні за 2005–2020 роки тумани не спостерігались.

З рисунка 1 видно, що найбільша ймовірність виникнення туманів в грудні місяці (20%). Також в січні і лютому (по 16%).

Невелика вірогідність виникнення туманів в травні (4%) і в вересні (5%). Мінімум в червні і в серпні (по 0.4%).

Велике значення мають знання тривалості туманів. Результати дослідження за 2005–2020 роки представлені в таблицях 4 та 5.

За холодний період найбільшу суму годин з туманом зафіксовано у 2019 році – 284:06 год, а найменшу у 2020 році – 68:24 год. По місяцях найтриваліші тумани були у січні 2015 року – загалом 102:40 год. Найменш тривалі тумани були у березні 2020 року – 1:50 год.

Найбільшу суму годин з туманом за теплий період зафіксовано також у 2019 році – 136:08 год, а найменшу у 2014 році – 17:08 год (табл. 5).

По місяцях найтриваліші тумани були у жовтні – загалом 258:14, найбільша сума з туманами у жовтні була у 2019 році – 97:57 год. Найменш тривалі тумани були у червні – 7:10 год. Найменш тривалі тумани протягом місяця відмічено у травні 2020 року – 1:30 год. Загальна сума годин з туманом за теплий період з 2005 по 2020 рік становить 704:47 годин, що значно менше, ніж за холодний період – 2357:55 годин.

Тумани теплої періоду менш тривалі, ніж холодного. Це досить яскраво продемонстровано на діаграмі, що зображена на рис. 2.

Перегляд карт погоди показує, що синоптичні умови утворення туманів дуже різноманітні і мають свою специфіку для кожного географічного району. Тому дуже важливо мати інформацію про справджуваність прогнозів туманів різними прогностичними методами.

Прогнозування туманів на АМСЦ Херсон виконується за двома методами: по методу прогнозування

Таблиця 3

Найбільша кількість днів з туманом по місяцях за період 2005–2020 рр.

	Холодний період (XI–III)					Теплий період (IV–X)					
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VIII	IX	X
К-ть днів	13	18	13	12	10	4	4	2	2	4	10
Рік	2018	2019	2009	2019	2018	2008–2010; 2019	2014; 2016	2009	2019	2012; 2019; 2020	2019

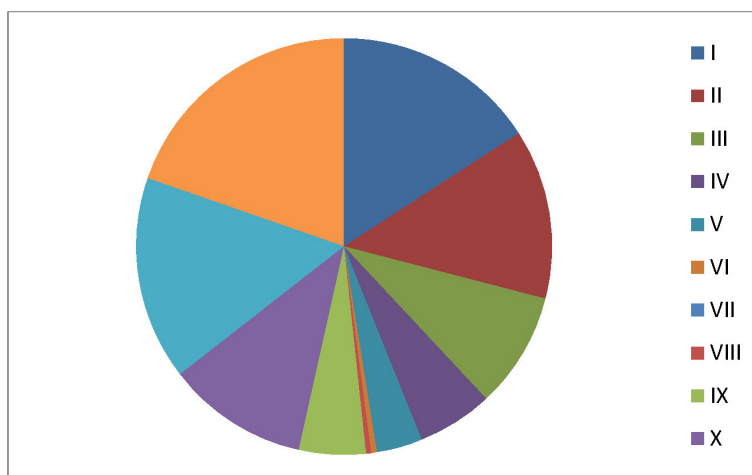


Рис. 1. Імовірність туману в холодний і теплий період на АМСЦ Херсон по місяцях (%)

Таблиця 4

Тривалість туманів на станції за холодний період 2005–2020 рр.

Рік/ Місяць	XI	XII	I	II	III	Сума (год)
2020	13:02	-	30:40	8:55	1:50	68:24
2019	65:08	83:20	74:58	39:21	21:19	284:06
2018	30:52	29:02	53:14	41:37	66:18	221:03
2017	31:05	43:10	11:40	37:20	11:20	134:35
2016	02:50	19:45	29:45	51:45	14:10	118:15
2015	25:50	19:00	102:40	18:50	07:45	174:05
2014	21:14	70:55	20:25	76:15	13:30	202:19
2013	40:10	33:10	48:00	20:55	16:52	159:07
2012	17:48	39:00	26:30	02:20	01:20	86:58
2011	01:40	42:50	47:20	-	14:40	106:30
2010	43:48	41:32	28:10	34:46	04:35	152:51
2009	37:50	52:56	91:07	38:19	04:30	224:42
2008	30:00	19:30	8:00	26:00	11:00	94:30
2007	11:00	4:00	32:00	25:30	7:00	79:30
2006	45:00	49:00	13:00	25:30	20:00	152:30
2005	38:00	29:00	-	24:00	7:30	98:30
Σ	318:15	434:40	533:49	363:28	176:19	2357:55

Таблиця 5

Тривалість туманів на станції за теплий період 2005–2020 рр.

Рік/ Місяць	IV	V	VI	VIII	IX	X	Сума (год)
1	2	3	4	5	6	7	8
2020	-	1:30	-	-	16:22	28:50	46:42
2019	19:39	-	-	4:03	14:29	97:57	136:08
2018	9:11	1:40	-	-	3:20	8:12	22:23
2017	5:20	-	-	-	4:50	11:28	21:38
2016	22:00	10:30	-	-	5:10	24:05	61:45
2015	-	-	-	-	4:05	15:40	19:45
2014	3:50	7:48	-	-	-	5:30	17:08
2013	4:30	-	-	-	1:50	45:39	51:59
2012	8:35	8:40	-	-	7:33	3:15	28:03
2011	1:05	5:15	-	-	4:20	14:45	25:25

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7	8
2010	9:20	5:28	–	–	–	11:00	25:48
2009	–	12:50	2:40	–	8:40	20:43	44:53
2008	24:00	3:00	2:30	4:00	–	28:20	61:50
2007	6:00	4:00	2:00	–	8:40	25:00	33:40
2006	5:00	13:00	–	–	5:00	16:10	39:10
2005	13:00	6:30	–	–	–	37:00	56:30
Σ	83:30	51:35	7:10	8:03	53:32	258:14	704:47

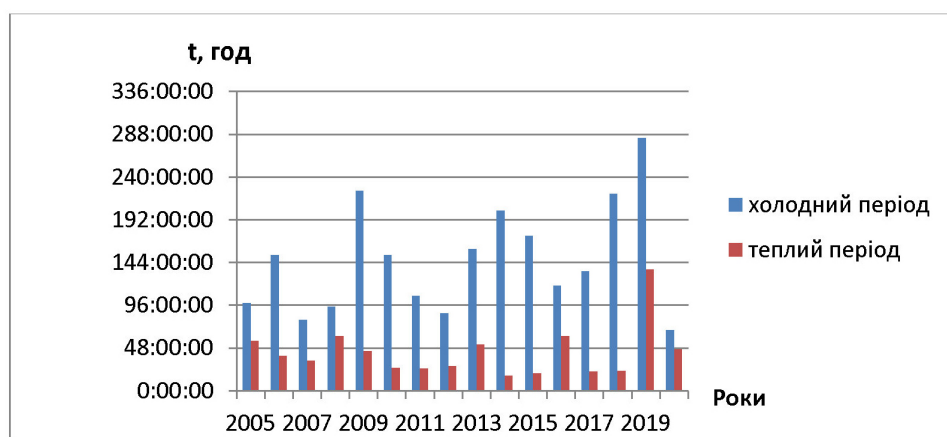


Рис. 2. Графік тривалості туманів на АМСЦ Херсон за теплий та холодний періоди (2005–2020 рр.)

адвективного туману Кошеленко І. В. та за методом прогнозування радіаційного туману Зверева О. С. [4].

Найчастіше тумани в Херсоні спостерігаються взимку. Тому в даній роботі була проведена оцінка ефективності методів Кошеленко І. В. та Зверева О. С. при прогнозі туманів на авіаційній метеостанції Херсон за три зимові періоди: 2018–2019 рр., 2019–2020 рр. та 2020–2021 рр.

Розрахунки справджуваності адвективних туманів на аеродромі Херсон за методом Кошеленко І. В. наведено в таблиці 6. Виходячи з отриманих даних можна сказати, що даний метод для обраного періоду

мав достатньо високу справджуваність по місяцях – від 84 до 96%.

Розрахунки справджуваності прогнозу радіаційних туманів на АМСЦ Херсон за методом Зверева О. С. представлені у таблиці 7.

Цей метод для обраного періоду мав також досить високу справджуваність, але дещо нижче, ніж метод Кошеленко І. В. Найнижчий відсоток справджуваності прогнозів радіаційних туманів відмічено у січні та грудні місяці 2020 року – 68%, а найвищий відсоток справджуваності був у лютому 2021 року – 93%.

Таблиця 6

Справджуваність (%) прогнозу туманів за методом Кошеленко І. В. на АМСЦ Херсон за зимові періоди (2018–2021 рр.)

Рік	Місяць	Р, %	Рік	Місяць	Р, %	Рік	Місяць	Р, %
2018–2019	Грудень	93	2019–2020	Грудень	93	2020–2021	Грудень	84
	Січень	93		Січень	96		Січень	96
	Лютий	86		Лютий	96		Лютий	93

Таблиця 7

Справджуваність (%) прогнозу туманів за методом Зверева О. С. на АМСЦ Херсон за зимові періоди (2018–2021 рр.)

Рік	Місяць	Р, %	Рік	Місяць	Р, %	Рік	Місяць	Р, %
2018–2019	Грудень	78	2019–2020	Грудень	84	2020–2021	Грудень	68
	Січень	84		Січень	68		Січень	90
	Лютий	72		Лютий	90		Лютий	93

Були розглянуті більш детально випадки прогнозу радіаційного та адвективного туману на аеродромі Херсон, які не виправдалися.

Головні висновки. В результаті проведених досліджень можна стверджувати, що над територією Херсонщини найбільш сприятливі умови для утворення туману створюються за антициклональною погодою в холодну пору року. Найбільше триваліші тумани в період листопад-березень спостерігалися в 2014–2015 та 2018–2019 роках. Методи прогнозування для адвективного та радіаційного туманів, що

використовуються на АМСЦ Херсон, досить ефективні і можуть використовуватися надалі, але необхідно більш детально враховувати синоптичну ситуацію.

Перспективи використання результатів досліджень. Детальна характеристика та виявлення закономірностей поширення туману на певній території дають уявлення про регіональні зміни клімату, які відбуваються протягом десятиліть. Отже, отримані статистичні характеристики та синоптичні умови утворення туманів можуть бути використані для покращення методів прогнозування.

Література

1. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.) / за ред. В. М. Ліпінський та ін. Київ : Ніка-Центр, 2006. 312 с.
2. Волошина О., Родінова І. Аналіз синоптичних умов формування туманів на території АМСЦ Херсон. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії*. : зб. матеріалів доп. учасн. XXXII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 30 листоп. 2020 р. Переяслав, 2020 р. С. 17–19.
3. Кліматичний кадастр України / О.О. Косовець та ін. Київ : УкрНДЦГМІ та ЦГО, 2005. 250 с.
4. Зверев А.С. Синоптическая метеорология : учебник. Ленинград : Гидрометиздат, 1977. 712 с.
5. *Німецький прогностичний центр*: веб-сайт. URL: <https://www.wetterzentrale.de/de/reanalysis.php?map=1&model=bra&var=45> (дата звернення 30 березня 2021 р.)
6. Волошина О. В., Родінова І. О. Вплив сучасних кліматичних змін на авіацію на прикладі АМСЦ Херсон. *The current state of fundamental and applied natural sciences research: scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. P. 29–45.