

І.М. Олексієнко, В.І. Затула

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ОСТАННІХ ВЕСНЯНИХ ТА ПЕРШИХ ОСІННІХ ЗАМОРОЗКІВ У ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ЗА 1991-2010 рр.

Досліджено особливості просторово-часового розподілу строків появи та закінчення заморозків у повітрі на території України. Наведено середні, найраніші й найпізніші дати останніх весняних і перших осінніх заморозків у повітрі. Приведено дані про середню, найбільшу та найменшу тривалість періоду без заморозків. Визначено середнє квадратичне відхилення дат та коефіцієнт варіації для тривалості періоду без заморозків.

Ключові слова: перший осінній заморозок, останній весняний заморозок, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації.

Вступ

Заморозок – явище, характерне для перехідних періодів від зими до літа та від літа до зими. Зазвичай заморозком називають короткочасне зниження температури повітря або поверхні ґрунту до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче на фоні сталої додатної температури. Виходячи з потреб сільського господарства, поняття заморозку можна сформулювати як зниження мінімальної температури повітря або поверхні ґрунту до від'ємних значень у період зі сталою середньою добовою температурою повітря $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище. Тоді критерієм небезпечності цього явища буде зниження температури повітря або поверхні ґрунту до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче [9].

Заморозок утворюється в нічні або ранкові години за ясної, тихої погоди, коли створюються умови для інтенсивного радіаційного вихолоджування земної поверхні та приземного шару повітря. Зниження температури до від'ємних значень можливе також і в інший час доби внаслідок загального похолодання [2].

Заморозок відносять до небезпечних метеорологічних явищ, що завдають значної шкоди сільському господарству країни. Вони стають небезпечними лише в разі настання дуже пізньої весни або дуже ранньої осені, тобто на початку та в кінці вегетації сільськогосподарських культур. Заморозок зумовлює значне пошкодження, а іноді й повну

загибель рослин. Найбільше потерпають від них теплолюбні культури. У деякі роки шкода, спричинена заморозками, оцінюється багатомільйонними сумами [7]. Таким чином, характеристика заморозків необхідна для встановлення термінів сівби, посадки розсади та збирання сільськогосподарських культур, для обґрунтування розміщення теплолюбних культур та їх селекції, а також для розроблення заходів захисту рослин від цього явища.

Аналіз попередніх публікацій

Як було досліджено в [6], до кінця 30-х років ХХ ст. процеси виникнення заморозків активно досліджувалися в різних частинах колишнього СРСР. Ці роботи показали, що заморозки утворюються в результаті адвекції холодної повітряної маси. У середині ХХ ст. проблеми заморозків особливо активно вивчалися Ю.Б. Храбровим, М.Є. Берляндом, П.Н. Красиковим, І.А. Гольцберг, М.Н. Копачевською та ін. [3]. На відміну від своїх попередників, які виділяли тільки два типи заморозків (адвективний і радіаційний), вони запроваджують у науковий обіг поняття мішаних, тобто адвективно-радіаційних заморозків. На цьому етапі поглиблено вивчаються властивості підстильної поверхні та загальні погодні умови формування заморозків. Сучасний період (від початку 1980-х рр. і до теперішнього часу) характеризується вдосконаленням методик дослідження, отриманням узагальнених характеристик заморозків, агрокліматичних оцінок умов морозостійкості різних культур [1, 8].

Незважаючи на те, що питання про заморозки, їхній шкідливий вплив на рослини і заходи боротьби з ними не є новим, сьогодні виникає потреба уточнити кліматологічні характеристики цього явища в Україні, особливо в контексті проблеми глобального потепління та розроблення заходів адаптації сільського господарства країни до змін клімату.

Основною метою дослідження є виявлення закономірностей просторово-часового розподілу заморозків на території України за період 1991-2010 рр., їх основних статистичних характеристик, зокрема крайніх та середніх дат останніх весняних і перших осінніх заморозків, тривалості безморозного періоду та ін.

Матеріали та методика досліджень

У цій роботі з дослідження заморозків, що спостерігалися на території України, використано матеріали, вміщені в метеорологічних

щорічниках, метеорологічних щомісячниках та опубліковані Центральною геофізичною обсерваторією за період 1991-2010 рр. За основу кліматичних досліджень заморозків покладено дані про дату першого заморозку восени та останнього заморозку навесні, мінімальну температуру повітря на висоті 2 м від поверхні землі (у психрометричній будці), огляд погоди та стихійних метеорологічних явищ. Для дослідження використовувалися метеорологічні дані 25 метеорологічних станцій, рівномірно розміщених по території України, де ряди є безперервними та однорідними. Період спостережень обрано не випадково. Оскільки перші осінні та останні весняні заморозки за 1961-1990 рр. систематизовано в “Кадастрі з клімату України”, постало питання, як змінилися ці дати за останні десятиріччя і наскільки вони відрізняються від даних, вміщених у “Кадастрі ...”. Дослідження такого стихійного агрометеорологічного явища як заморозки базується на сучасних уявленнях про теорію клімату, головні положення якої розвиваються в дослідженнях сучасного клімату [2, 5].

В інформаційній базі даних представлено дати останніх весняних та перших осінніх заморозків у повітрі та на поверхні ґрунту. Їх показано в таблицях, де дати заморозків подано по областях згідно з адміністративним поділом України: послідовно з півночі на південь, а коли області розміщені на однаковій широті – із заходу на схід.

Кліматологічне опрацювання метеорологічних даних проводилося за допомогою методів математичної статистики [4]. Кліматологічну інформацію про заморозки представлено основними статистичними параметрами: середніми, найранішими та найпізнішими датами із зазначенням року, коли вони спостерігалися, мірою мінливості (середнє квадратичне відхилення) та коефіцієнтом варіації для тривалості періоду без заморозків.

Середнє значення є основним показником метеорологічної величини і розраховується за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

де x_i – i -й член метеорологічного ряду; n – довжина ряду (період спостережень).

Середнє квадратичне відхилення визначалося за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

Коефіцієнт варіації розраховано за формулою:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (3)$$

Статистичні розрахунки виконано на ПК за допомогою табличного редактора «Microsoft Excel». Візуалізацію отриманих результатів здійснено за допомогою mapping-системи Surfer.

Результати досліджень

На території України останні заморозки в повітрі можуть спостерігатися в період з 22 лютого по 26 травня (табл. 1). На рис. 1 представлено повторюваність закінчення останнього заморозку в повітрі навесні.

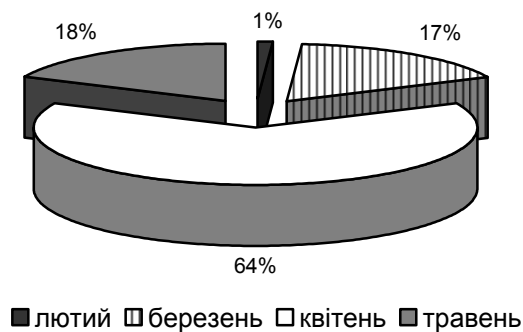


Рис. 1. Повторюваність (%) закінчення останнього заморозку в повітрі навесні

Як бачимо, заморозок у повітрі найчастіше закінчується в квітні (64 % випадків), рідше – у травні та березні (відповідно 18 та 17 % випадків). Цікавим є той факт, що останні заморозки в повітрі можуть бути навіть у лютому, хоча їхня частка незначна, лише 1 % усіх випадків.

На рис. 2 представлено дані середніх дат останнього заморозку в повітрі навесні. З рисунка видно, що різниця в датах останнього заморозку між північними та південними районами коливається від 10 до 20 днів. Середні дати останнього заморозку в повітрі майже по всіх досліджуваних станціях відмічаються в другій та третій декаді квітня, лише в Києві та Запоріжжі – у першій декаді квітня, а в Одесі – у третій декаді березня.

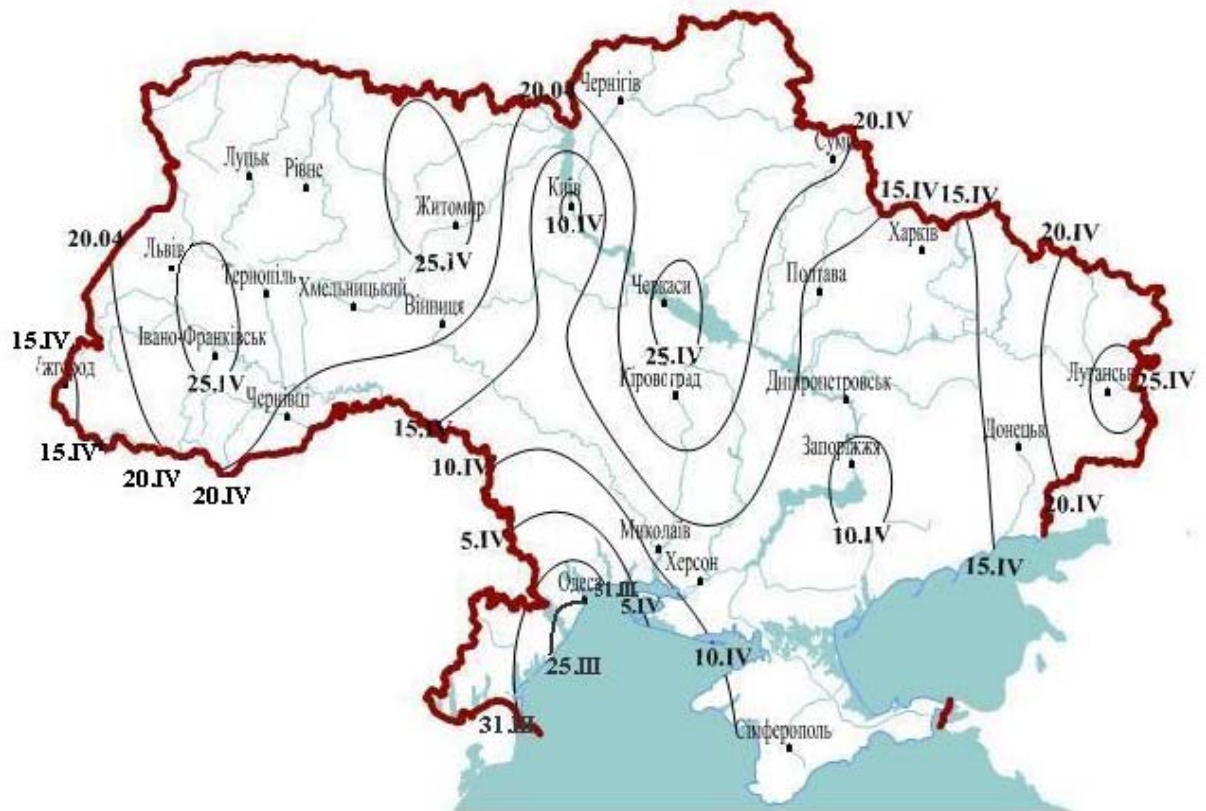


Рис. 2. Середня дата останнього заморозку в повітрі, 1991-2010 рр.

Найранішу дату останнього заморозку навесні в повітрі за останні 20 років відмічено в Одесі 22 лютого 2008 р. Найраніша дата останнього заморозку навесні зазвичай відрізняється від середньої на 21 день. Найбільшими відхиленнями від середніх дат (близько місяця) виділяються метеорологічні станції Житомир та Одеса (на 32-33 дні), Луганськ (29 днів), також Хмельницький, Черкаси, Кіровоград (на 26-27 днів). Найменшими відхиленнями характеризуються станції Київ, Львів, Сімферополь (на 12-15 днів). На решта станцій найраніші дати останнього заморозку навесні відрізняються від середніх на 16-24 дні.

Аналіз поширення найранішого заморозку навесні показав, що кількість станцій, охоплених заморозком, 25-26 березня 2006 р. досягнула семи, а 31 березня 1998 – шести (табл. 1).

Найпізнішу дату останнього заморозку в повітрі за останні 20 років відмічено в Івано-Франківську 26 травня 1997 р. Порівняно із середніми, дати найпізнішого заморозку в повітрі навесні відрізняються в середньому на 22 дні.

Таблиця 1

Дати закінчення й початку заморозків (середні та крайні) та тривалість періоду без заморозків у повітрі.
1991-2010 рр.

Дата заморозку												Безморозний період						
останнього						першого						найб.	Рік	\bar{x}	σ	C_v	найм.	рік
найраніша	рік	\bar{x}	σ	найпізніша	рік	найраніша	рік	\bar{x}	σ	найпізніша	рік							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Чернігів																		
03.04	2006	23.04	12	13.05	2000	27.09	2001	12.10	9	25.10	1991	196	2006	172	11.4	0.07	156	2008
Суми																		
29.03	2008	20.04	12	7.05	1999	21.09	1993	10.10	12	5.11	2007	207	1991	173	15.7	0.09	151	1993
Луцьк																		
30.03	1998	23.04	10	15.05	2004	25.09	2000	16.10	11	9.11	1996	208	1996	176	15.1	0.09	145	2000
Рівне																		
31.03	1998	21.04	11	7.05	1999	14.09	1999	11.10	11	25.10	2008	208	2008	172	18.2	0.11	130	1999
Житомир																		
25.03	2010	27.04	15	15.05	2004	19.09	1995	11.10	12	7.11	2008	222	2008	166	19.5	0.12	138	1995
Київ																		
26.03	2006, 2010	7.04	11	27.04	2003	30.09	1996	19.10	11	7.11	2008	224	2008	195	15.9	0.08	162	1997
Львів																		
9.04	2002, 2006	24.04	11	16.05	1995	26.09	2000	14.10	10	1.11	1999	200	1998	173	14.8	0.09	139	2009
Хмельницький																		
25.03	2006	21.04	12	6.05	1999	30.09	1993	20.10	10	9.11	1996	220	2008	182	18.0	0.1	161	1993
Полтава																		
26.03	2006	12.04	14	8.05	2008	30.09	1996	18.10	10	5.11	2007	211	2000	189	15.1	0.08	163	1992
Харків																		
26.03	2000	11.04	13	7.05	1999	30.09	1996	16.10	10	5.11	2007	209	2008	188	14.2	0.08	163	1992
Тернопіль																		
31.03	1998	22.04	11	7.05	1999	24.09	2000	13.10	10	4.11	2002	209	2002	175	15.5	0.09	144	2000
Черкаси																		
31.03	1998	26.04	11	13.05	1999	21.09	1993	10.10	10	27.10	1991	191	1998	167	10.2	0.06	152	1993

Луганськ																		
28.03	2008	26.04	16	22.05	2002	22.09	1993 1996 1999 2003 2009	7.10	11	28.10	1991	209	2008	164	20.6	0.13	131	1999
Вінниця																		
31.03	1998	20.04	13	6.05	1999	14.09	1999	11.10	10	25.10	1991	205	2008	174	17.4	0.1	131	1999
Івано-Франківськ																		
8.04	2002	26.04	10	26.05	1997	21.09	1993 2007	9.10	10	24.10	2001	188	1995	166	14.9	0.09	140	2007
Кіровоград																		
27.03	2010	22.04	13	8.05	2008	30.09	1993	14.10	10	5.11	2007	200	2005	173	13.2	0.08	144	2010
Дніпропетровськ																		
26.03	2006	12.04	14	7.05	1999	26.09	1997	17.10	10	13.11	2000	232	2000	188	21.6	0.11	160	1997
Донецьк																		
28.03	2008	16.04	15	7.05	1994 1999	19.09	1995	14.10	12	4.11	2006	209	1991	180	15.1	0.08	160	1995
Ужгород																		
23.03	2010	13.04	15	24.05	2004	9.10	2010	19.10	5	27.10	1996	210	1998	189	16.3	0.09	141	2004
Чернівці																		
29.03	2008	18.04	11	7.05	1999	1.10	1993	23.10	11	10.11	1996	225	2008	188	17.9	0.1	160	2000
Одеса																		
22.02	2008	25.03	11	10.04	1997	18.10	2006	9.11	16	16.12	1996	270	2008	228	21.2	0.09	199	1997
Запоріжжя																		
18.03	1992	7.04	14	7.05	1999	2.10	1997	26.10	12	24.11	2000	243	2000	203	19.0	0.09	169	1999
Миколаїв																		
26.03	2006	11.04	10	5.05	1994	8.10	1998	24.10	8	7.11	2008	225	2008	196	12.0	0.06	167	1994
Херсон																		
24.03	2010	11.04	16	7.05	1999	8.10	1998	23.10	8	7.11	2008	229	2001	195	16.8	0.09	165	1999
Сімферополь																		
31.03	1998 2001	12.04	12	7.05	1999	9.10	1998	27.10	10	19.11	2000	227	2008	198	15.8	0.08	169	1999

Найбільше – на метеорологічних станціях Ужгород (на 41 день), Запоріжжя та Івано-Франківськ (на 30 днів), Полтава, Харків, Луганськ, Херсон (на 26 днів), Дніпропетровськ, Сімферополь, Миколаїв (на 24-25 днів). Найменше – на метеорологічних станціях Рівне, Хмельницький, Тернопіль, Вінниця, Кіровоград, Одеса (на 15-16 днів). На решта території найпізніша дата останнього заморозку навесні відрізняється від середньої на 17-22 дні.

Найбільшу кількість станцій, охоплених найпізнішим заморозком навесні, відмічено 6-7 травня 1999 р. Тоді заморозок охопив 12 областей.

У табл. 1 представлено також значення середнього квадратичного відхилення. З таблиці видно, що мінливість середніх дат настання заморозків досить значна ($\sigma = 10-16$ днів).

На території України перші заморозки в повітрі можуть спостерігатися в період з 14 вересня до 16 грудня. На рис. 3 представлено повторюваність початку першого заморозку в повітрі восени.

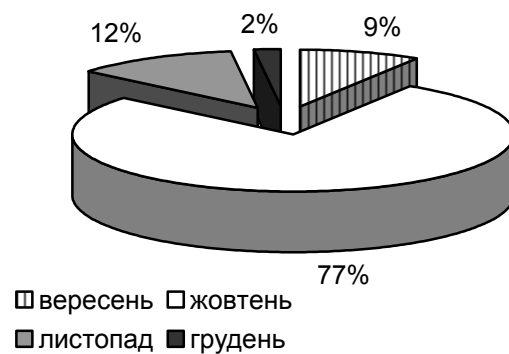


Рис. 3. Повторюваність (%) початку першого заморозку в повітрі восени

Як видно з рисунка, перший заморозок у повітрі найчастіше відмічається в жовтні (77 % випадків), рідше – листопаді та вересні (відповідно 12 та 9 % випадків) і найрідше – у грудні (2 % випадків). На рис. 4 представлено карту середніх дат першого заморозку восени. Різниця в датах початку заморозку в повітрі восени між північними та південними районами становить 10-17 днів. Загалом можна сказати, що майже по всій території України перший заморозок у повітрі восени в середньому за 20 років починається в другій декаді жовтня.

На півночі країни перший заморозок восени в середньому починається 10-16 жовтня, у Києві зокрема, 19 жовтня, що можна пояснити мікрокліматичними особливостями великого міста. На заході

країни (Львів, Луцьк, Ужгород, Івано-Франківськ) – 14-20 жовтня, у Чернівцях – 23 жовтня. На сході країни перший заморозок у повітрі в середньому починається 7-14 жовтня, на півдні (Херсон, Миколаїв, Запоріжжя та Сімферополь) – 23-27 жовтня, в Одесі – 9 листопада.



Рис. 4. Середня дата першого заморозку в повітрі, 1991-2010 рр.

Найранішу дату першого заморозку восени в повітрі за останні 20 років відмічено в Рівному 14 вересня 1999 р. Найраніша дата відрізняється від середньої в середньому на 19 днів. Найбільше (на 24-27 днів) на метеорологічних станціях Рівне, Вінниця, Донецьк, Запоріжжя. Найменше – на метеорологічних станціях Ужгород (на 10 днів), Кіровоград, Чернігів, Луганськ, Херсон (на 14-15 днів), Харків, Миколаїв (на 16 днів). На решті метеорологічних станцій найраніші дати першого заморозку восени відрізняються від середніх на 18-22 дні.

З аналізу кількості станцій, охоплених найранішим заморозком восени, видно, що найбільше їх відмічено 21-22 вересня 1993 р. Тоді заморозок охопив 4 області. Цікаво зауважити, що на станції Луганськ

22 вересня є найранішою датою першого заморозку восени протягом 5 років (1993, 1996, 1999, 2003, 2009).

Найпізнішу дату останнього заморозку в повітрі восени за останні 20 років відмічено в Одесі 16 грудня 1996 р. Порівняно із середніми, дати найпізнішого заморозку восени відрізняються в середньому на 20 днів. Найбільше – на метеорологічних станціях Одеса (на 37 днів), Запоріжжя (на 29 днів), Суми, Житомир, Дніпропетровськ (на 25-26 днів). Найменше – на метеорологічних станціях Ужгород (на 8 днів), а також Чернігів, Рівне, Вінниця, Івано-Франківськ, Миколаїв, Херсон (на 13-15 днів). На решті території найпізніша дата першого заморозку восени відрізняється від середньої на 17-23 дні.

Найбільшу кількість метеорологічних станцій, охоплених найпізнішим заморозком восени, відмічено 7 листопада 2008 р. (тоді заморозок охопив 4 області), а також 25-28 жовтня 1991 р. – 4 області, 5 листопада 2007 р. – 4 області, 9-10 листопада 1996 р. – 3 області.

Значення середніх квадратичних відхилень дат першого заморозку восени в середньому становлять 10-12 днів, найбільше значення в Одесі ($\sigma = 16$ днів), а найменше – в Ужгороді ($\sigma = 5$ днів).

За датами закінчення заморозків навесні та початку їх восени визначається тривалість періоду без заморозків. В Україні тривалість цього періоду в середньому становить 170-180 днів. Для окремих регіонів різниця сягає близько одного місяця. Так, на півночі країни середня за 20 років тривалість періоду без заморозків коливається від 166 в Житомирі до 172-176 в Чернігові, Сумах, Луцьку, Рівному. У центрі країни вона становить 170-180 днів. На півдні країни та в Криму тривалість безморозного періоду збільшується до 190-230 днів.

Найбільша тривалість безморозного періоду за 20 років відмічалася в Одесі і становила 270 днів (2008 р.), Запоріжжі – 243 дні (2000 р.), Дніпропетровську – 232 дні (2000 р.). Найменша тривалість безморозного періоду (130-131 день) відмічалася в Рівному, Луганську та Вінниці (1999 р.).

У деякі роки, залежно від часу закінчення та настання заморозків, тривалість безморозного періоду може коливатися порівняно з середніми значеннями в межах 1-2 місяців. Середнє квадратичне відхилення тривалості періоду без заморозків становить 11-22 дні. Невеликі значення коефіцієнтів варіації (0,1) вказують на незначну мінливість тривалості періоду без заморозків.

Висновки

У результаті проведеної роботи досліджено особливості просторово-часового розподілу строків появи та припинення заморозків у повітрі на території України. Середні дати останнього заморозку в повітрі майже по всіх метеорологічних станціях відмічаються в другій та третій декаді квітня, в Одесі – у третій декаді березня. Різниця в датах останнього заморозку між північними та південними районами коливається від 10 до 20 днів. Крайні дати останнього заморозку навесні зазвичай відрізняються від середньої на 20-22 дні. Мінливість середніх дат настання заморозків досить значна ($\sigma = 10-16$ днів).

Перший заморозок восени в середньому спостерігається на півночі та заході країни – у другій декаді жовтня, на сході країни – у першій і частково другій декаді жовтня, на півдні – у третій декаді жовтня, зокрема в Одесі – у першій декаді листопада. Різниця в датах початку заморозку в повітрі восени між північними та південними районами становить 10-17 днів. Крайні дати останнього заморозку навесні відрізняються від середньої на 19-20 днів. Значення середнього квадратичного відхилення дат першого заморозку восени в середньому становлять 10-12 днів.

Середня за 20 років тривалість періоду без заморозків становить 170-180 днів: на півночі вона коливається від 160 до 180, у центрі – 170-180, на півдні країни та в Криму – 190-230 днів. Найбільшу тривалість безморозного періоду за 1991-2010 рр. відмічено в Одесі в 2008 році (270 днів). Мінливість тривалості безморозного періоду незначна (коефіцієнт варіації 0,1).

Проведене дослідження дало змогу отримати нові кліматологічні характеристики заморозків на території України, що в подальшому дасть змогу виявити, наскільки вони змінилися порівняно із кліматологічною стандартною нормою.

* *

1. Агрокліматичний довідник по Київській області / За ред. *Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенка*. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2010. – 184 с.
2. Клімат України / За ред. *В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко*. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
3. *Копачевська М.Н.* Заморозки на Україні. – К.: Вид-во УАСГН, 1961. – 67с.
4. *Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я.* Климатологическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 296 с.

5. Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К. Синоптические процессы, определяющие современный климат Украины. – Фізична географія та геоморфологія. – К.: ВГЛ «Обрії», 2009. – Вип. 57. – С.18-23.
6. Олексієнко І.М., Вивченість проблеми заморозків: сучасний стан питання. – Фізична географія та геоморфологія. – К.: ВГЛ «Обрії», 2007. – Вип. 52. – С.81-86.
7. Олексієнко І.М., Затула В.І. Шкодочинність заморозків для сільського господарства України. – Географія в інформаційному суспільстві. Зб. наук. праць. У 4-х тт. – К.: ВГЛ Обрії, 2008. – Т. III. – С. 39-41.
8. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии / Под ред. Бабиченко В.Н. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 224 с.
9. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – С.Пб.: Гидрометеиздат, 2005. – 490 с.

*Київський національний університет
імені Тараса Шевченка*

И.Н. Олексієнко, В.И. Затула

Пространственно-временное распределение последних весенних и первых осенних заморозков в воздухе на территории Украины за 1991-2010 гг.

Исследованы особенности пространственно-временного распределения сроков появления и прекращения заморозков в воздухе на территории Украины. Приведены средние многолетние, самые ранние и самые поздние даты последних весенних и первых осенних заморозков в воздухе. Приведена средняя, наибольшая и наименьшая продолжительность периода без заморозков. Определено среднее квадратическое отклонение дат и коэффициент вариации для периода без заморозков.

Ключевые слова: первый осенний заморозок, последний весенний заморозок, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации.

I.M. Oleksienko, V.I. Zatula

Spatial and temporal distribution of the last spring and first autumn frost in the air on the territory of Ukraine for 1991-2010 years

The features of spatial and temporal distribution of occurrence of terms and termination of frost in the air in Ukraine are researched. An average long-term, the earliest and most recent date of late spring and first fall frost in the air are given. The data on the average, the largest and smallest length of the time without frost are given. The mean square deviation and coefficient of variation of dates of the period without frost are determined.

Keywords: the first autumn frost, the last spring frost, standard deviation, coefficient of variation.