УДК 551.509.314

Олексієнко І.М.
Затула В.І.

Оцінка впливу географічного положення на основні характеристики заморозку

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ
e-mail: inysika@ukr.net

***Анотація**. Встановлено характер і тісноту залежності середніх багаторічних дат першого та останнього заморозку, а також середньої тривалості безморозного періоду від фізико-географічних умов розташування станції. Визначено, що статистично значущий вплив на розглядувані характеристики заморозку має географічна широта та абсолютна висота станції.*

***Ключові слова:** дата останнього заморозку, дата першого заморозку, тривалість безморозного періоду, лінійна регресія, множинна регресія.*

Вступ

Втрати врожайності сільськогосподарських культур від несприятливих явищ погоди в останні роки досить значні. Одним із найнебезпечніших кліматичних факторів для сільськогосподарських культур, особливо теплолюбних, є заморозки, які часто завдають значних збитків сільськогосподарській галузі. *Заморозок* – короткочасне зниження температури повітря або поверхні ґрунту до мінусових значень вночі або вранці за переважно плюсових значень температури протягом доби [4]. На розподіл заморозків важливий вплив мають фізико-географічні характеристики та місцеві умови території. Часто важливе значення мають такі місцеві умови, як близькість великих водойм, форми рельєфу та навіть фізичні властивості ґрунту. Внаслідок цього у близько розташованих пунктах значно відрізняються дати початку та закінчення заморозків. Найбільш морозонебезпечними є захищені глибокі долини, вологі низовини, галявини, осушені заплави [1]. Саме тому оцінка впливу географічного положення на основні характеристики заморозку є важливою та актуальною. Метою даного дослідження є встановити характер та тісноту залежності середніх багаторічних дат першого та останнього заморозку, а також середньої тривалості безморозного періоду від фізико-географічних умов розташування станції.

Матеріали та методи дослідження

В основу даного дослідження заморозку покладено дані про середню дату першого заморозку восени та останнього заморозку навесні, середню багаторічну тривалість безморозного періоду у повітрі та на поверхні ґрунту за період 1991-2010 рр. Для дослідження використовувалися метеорологічні дані 25 метеорологічних станцій з безперервними та однорідними рядами спостережень, які рівномірно розміщені по території України та репрезентують усі природні зони території країни. В якості предикторів розглядалися географічні координати точок спостереження.

Під час дослідження в роботі застосовано регресійний та кореляційний аналіз. Ці два методи доповнюють один одного і допомагають визначити статистичні зв'язки між змінними. Основне завдання кореляційного аналізу полягає у виявленні зв'язку між випадковими змінними та оцінюванні його тісноти і характеру. Регресійний аналіз полягає у встановленні форми і вивченні залежності змінних.

Опрацювання метеорологічних даних проводилося за допомогою методів математичної статистики [2, 3, 5]. Статистичні розрахунки виконано на ПК за допомогою табличного редактора «Microsoft Excel». На першому етапі дослідження в роботі застосовано метод парної регресії, який дає можливість визначити статистичні зв'язки між змінними. В нашому випадку результативна ознака («дата заморозку» або «тривалість безморозного періоду») буде пов'язана з допомогою рівняння регресії з факторною ознакою («широтою станції», «довготою станції» або «висотою станції над рівнем моря»). При цьому використовувалося лінійне рівняння типу (1):

$$y = ax + b \qquad (1),$$

де y – оцінка розглядуваної величини, x – незалежна величина, a – коефіцієнт лінійного тренду (нахил лінії лінійної регресії), b – деяка стала, що відповідає точці перетину лінії регресії з віссю ординат, по якій відкладаються значення y.

Оскільки, дата заморозку формується під впливом не одного, а багатьох факторів, метод побудови моделі такого зв'язку буде мати назву багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу. В цьому

випадку результативна ознака («дата заморозку») буде пов'язана з допомогою рівняння регресії з двома або більше факторними ознаками («широта станції», «висота станції» та ін.).

Для нашого дослідження використовувалося лінійне рівняння множинної регресії, що має вигляд:

$$Y_x = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + ... + a_n X_n \quad (2),$$

де a_0, a_1, a_2, …, a_n – параметри рівняння множинної регресії; X_1, X_2, … X_n – факторні ознаки.

Мірою якості рівняння регресії слугує коефіцієнт детермінації R^2. Він показує відношення поясненої частини варіації до всієї варіації в цілому. Цей показник може варіювати від 0 до 1. Чим ближче він до 1, тим тіснішим є зв'язок модельованого та динамічного рядів.

Для того щоб визначити значущість кожного регресора був використаний критерій Стьюдента [4], що передбачає перевірку гіпотез для невеликих вибірок. Він обчислювався для всіх регресорів, але в подальших розрахунках брали участь лише ті, для яких значення статистики Стьюдента ≤ 5%. Далі було здійснено перевірку суттєвості зв'язку вибіркових дисперсій рядів за допомогою *F*-критерію Фішера. Він вираховується за формулою:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \quad (3)$$

де σ_1^2 - факторна дисперсія, а σ_2^2 - залишкова дисперсія.

Виклад матеріалу дослідження

Дати початку та закінчення заморозків, а також тривалість безморозного періоду досить суттєво відрізняються у різних природних зонах України. Так, для прикладу, на рис. 1 представлено дати останнього весняного заморозку у повітрі для зони мішаних лісів (Чернігів) та степової зони (Одеса). Як бачимо, у степу України останній весняний заморозок відмічається значно раніше, ніж у зоні мішаних лісів.

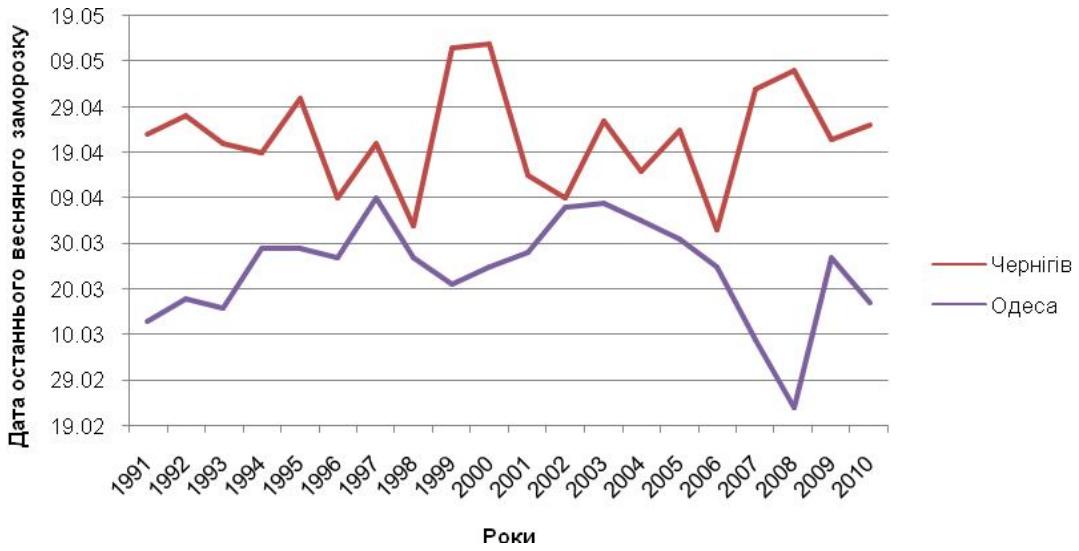

Рис. 1. Дати останнього весняного заморозку для зони мішаних лісів (Чернігів) та степової зони України (Одеса)

За допомогою методу парної лінійної регресії був встановлений характер і тіснота залежності середніх багаторічних дат першого та останнього заморозку, а також середньої тривалості безморозного періоду від фізико-географічних умов розташування станції. При цьому у якості незалежних величин розглядалися географічні координати точок спостереження: широта φ, довгота λ та висота h над рівнем моря.

В табл. 1 представлено результати такого аналізу, а саме: значення коефіцієнтів лінійної регресії (параметри $\alpha_\varphi, \alpha_\lambda, \alpha_h$ для відповідних координат метеорологічної станції) та коефіцієнти детермінації R^2 для побудованих рівнянь регресії.

З табл.1 видно, що статистично значущий вплив на розглядувані характеристики заморозку має географічна широта (коефіцієнти детермінації коливаються в межах від 0,29 до 0,48) і ще в половині випадків – висота над рівнем моря (R^2~0,3). Водночас, вплив довготи на характеристики заморозку практично відсутній.

Таблиця 1.

Оцінка впливу географічного положення метеорологічних станцій на основні характеристики заморозку

Характеристика заморозку	Параметри лінійної регресії					
	α_φ	R^2	α_λ	R^2	α_h	R^2
Заморозок в повітрі						
Дата останнього весняного заморозку	2.7122	0.29	-0.4503	0.069	0.0444	0.26
Дата першого осіннього заморозку	-3.2574	0.48	0.0611	0.0015	-0.0317	0.15
Тривалість безморозного періоду	-5.9696	0.40	0.5114	0.0259	-0.0761	0.22
Заморозок на поверхні ґрунту						
Дата останнього весняного заморозку	1.9977	0.29	0.0474	0.0014	0.0362	0.33
Дата першого осіннього заморозку	-3.0782	0.46	-0,099	0.0042	-0.0385	0.25
Тривалість безморозного періоду	-5.0759	0.40	-0.1464	0.0029	-0.0748	0.30

Регресійний аналіз також дозволив встановити пряму залежність дат останніх весняних заморозків в повітрі і на поверхні ґрунту від географічної широти та обернену залежність між цими величинами для перших осінніх заморозків і тривалості безморозного періоду, на що вказують додатні значення коефіцієнтів $\alpha_\varphi, \alpha_\lambda, \alpha_h$ у першому випадку та від'ємні їх значення – у другому. На рис. 2 представлено залежність дати першого заморозку на поверхні ґрунту від географічної широти станції.

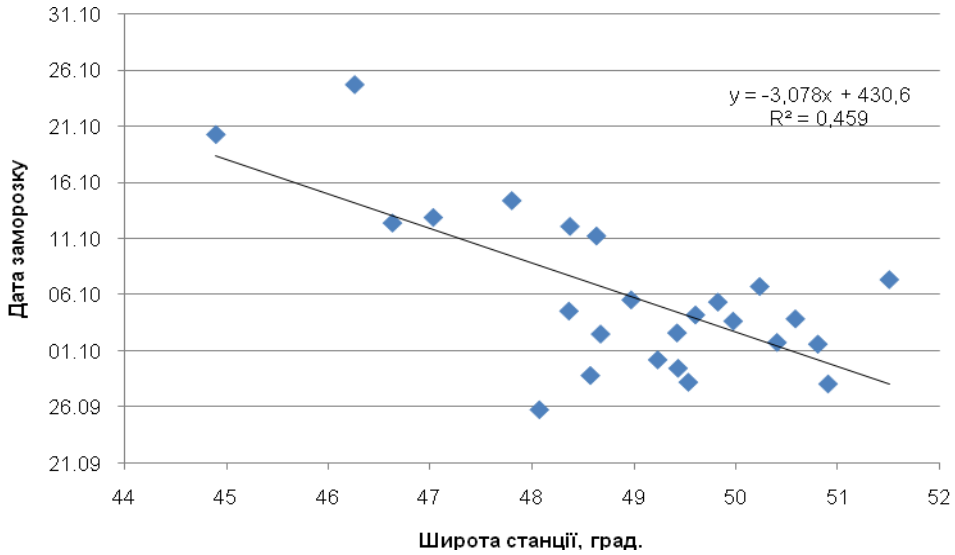

Рис. 2 – Залежність дати першого заморозку на поверхні ґрунту від широти станції

Як бачимо, зі збільшенням географічної широти дата першого осіннього заморозку на поверхні ґрунту стає ранішою.

Для визначення залежності тривалості безморозного періоду в повітрі від фізико-географічних характеристик метеорологічних станцій було побудовано регресійну модель. Для аналізу прогностичної моделі було побудовано графіки тривалості безморозного періоду за реальними даними та прогнозованими (рис.3).

З рис.3 видно, що модель дещо завищує тривалість безморозного періоду для Черкас, Луганська, Івано-Франківська та Кіровограда і дещо занижує для Києва, Хмельницька, Полтави, Харкова, Одеси, Запоріжжя, але на інших станціях прогнозовані значення є близькими до фактичних даних.

Регресійну залежність тривалості безморозного періоду в повітрі представлено на рис. 4. Коефіцієнт детермінації для лінійної функції становить 0,48, врахування нелінійності моделі покращує його до 0,5.

Враховуючи значення t-критерію Стьюдента, можна сказати, що коефіцієнти тісноти зв'язку залежної і пояснювальних змінних в нашій моделі є достовірними. Порівнявши розраховані значення t-критерію Стьюдента із його табличними значеннями при рівні значущості □*=0,05*, доходимо висновку, що найбільш значимим критерій Стьюдента є для широти і становить 3,2, менш значимим для висоти 1,8 і для довготи 0,9. Тобто, довгота впливає на тривалість безморозного періоду у повітрі найменше, а найважливішою з вибраних характеристик є широта.

Значущість рівняння множинної регресії оцінювалася також за допомогою F-критерію Фішера, значення якого є значно більшим від табличного і становить 6,5, що відображає адекватність моделі емпіричним даним.

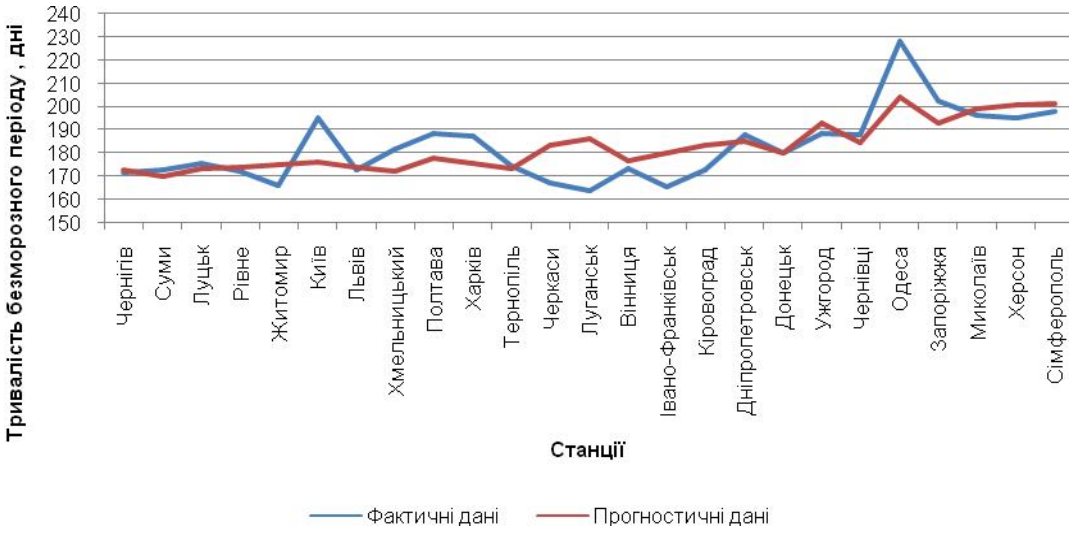

Рис. 3. Порівняння значень фактичної та прогнозованої тривалості безморозного періоду в повітрі по станціях

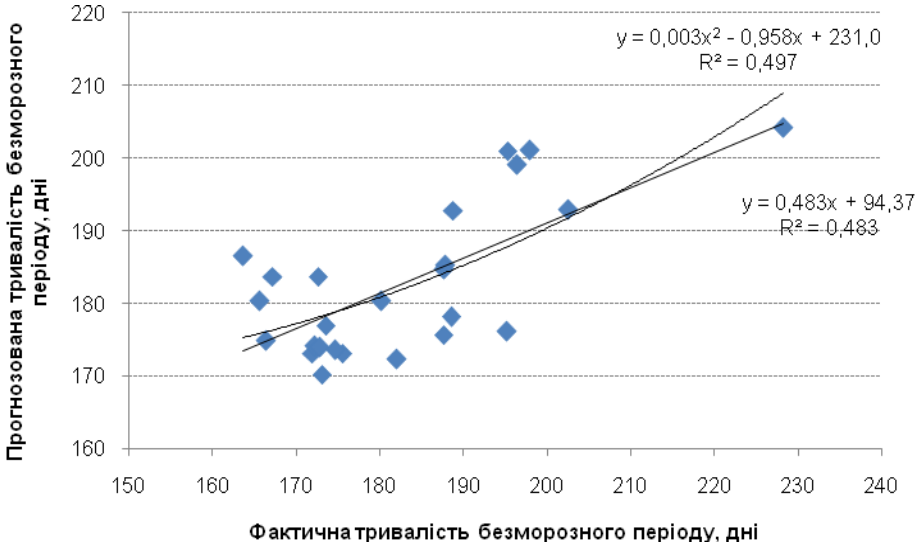

Рис. 4. Рівняння регресійної залежності тривалості безморозного періоду в повітрі для лінійної та поліноміальної функції

Для визначення залежності тривалості безморозного періоду на поверхні ґрунту від фізико-географічних характеристик метеорологічних станцій також було побудовано регресійну модель.

Для аналізу прогностичної моделі було побудовано графіки тривалості безморозного періоду за реальними даними та прогнозованими (рис.5).

Порівняно із тривалістю безморозного періоду в повітрі, тривалість безморозного періоду на ґрунті моделюється краще. Дещо завищенні значення прогнозуються для Донецька, Луганська та Ужгорода та занижені для Чернівців, Одеси та Запоріжжя. Однак, в порівнянні із моделлю прогнозу тривалості безморозного періоду в повітрі, на поверхні ґрунту прогнозовані значення є ближчими.

Регресійну залежність тривалості безморозного періоду на поверхні ґрунту представлено на рисунку 6.

З рисунка видно, що залежність тривалості безморозного періоду на поверхні ґрунту є сильнішою в порівнянні із тривалістю безморозного періоду в повітрі. Так, коефіцієнт детермінації для лінійної функції становить 0,70, а для поліноміальної 0,71. Значні критерії Стьюдента вказують на достовірність тісноти зв'язку залежної і пояснювальних змінних в нашій моделі. Про адекватність моделі та емпіричної інформації вказує F-критерій Фішера, значення якого є значно більшим від табличного і становить 17,1.

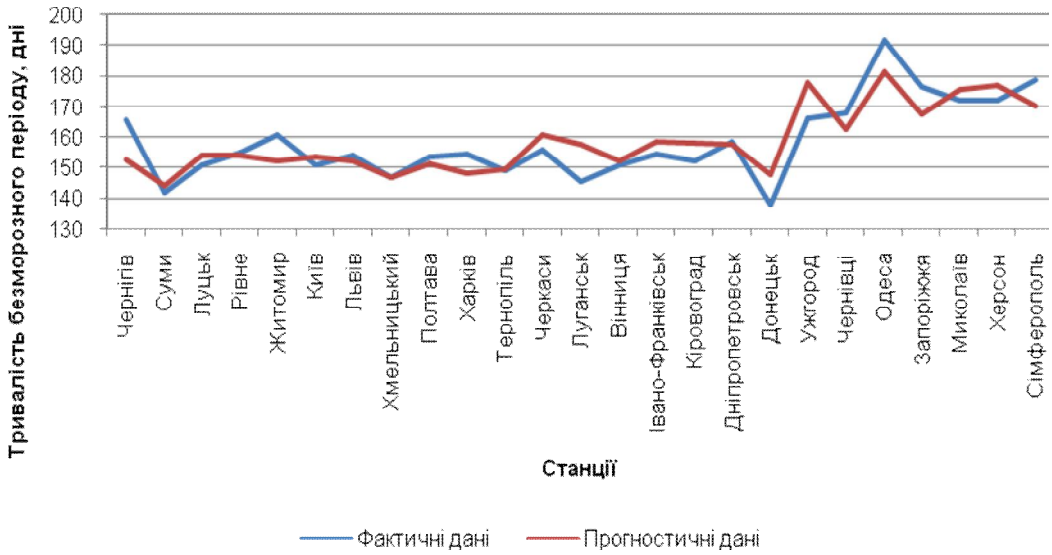

Рис. 5. Порівняння значень фактичної та прогнозованої тривалості безморозного періоду на поверхні ґрунту по станціях

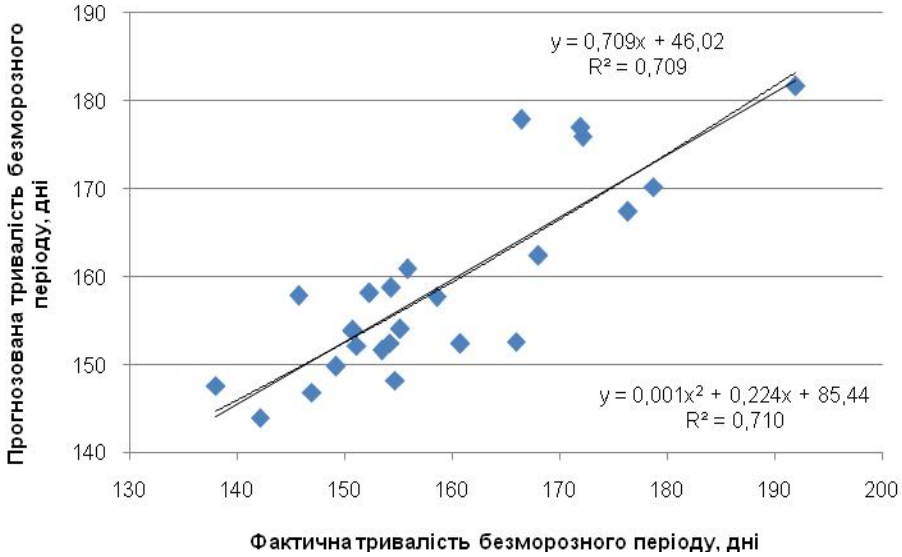

Рис. 6. Рівняння регресійної залежності тривалості безморозного періоду на поверхні ґрунту для лінійної та поліноміальної функції

Висновки і перспективи дослідження

Отже, режим заморозків на території України залежить від декількох параметрів географічного положення (: широта φ, довгота λ та висота h над рівнем моря). Статистично значущий вплив на розглядувані характеристики заморозку має географічна широта (коефіцієнти детермінації коливаються в межах від 0,29 до 0,48) і ще в половині випадків – висота над рівнем моря (R^2~0,3).

Для визначення залежності тривалості безморозного періоду в повітрі та на поверхні ґрунту від фізико-географічних характеристик метеорологічних станцій було побудовано регресійні моделі.

Тривалість безморозного періоду у повітрі моделюється гірше в порівнянні із тривалістю безморозного періоду на поверхні ґрунту. Можна припустити, що на тривалість беззаморозкового періоду у повітрі більший вплив мають синоптичні процеси, які в моделі не враховувалися, а для дати заморозку на поверхні ґрунту саме місцеві умови, які ми обрали в якості предикторів і відіграють вирішальну роль.

На статистичну значущість побудованих рівнянь регресії вказують критерії Фішера, які є вищими в порівнянні із табличним значенням для рівня значущості □*=0,05.* Але добре помітно, що їх значення для тривалості безморозного періоду на поверхні ґрунту є значно вищими в порівнянні тривалістю безморозного періоду в повітрі.

Щодо критерію Стьюдента, то його значення найвищі для широти станції (крім дати останнього заморозку на поверхні ґрунту), а для довготи та висоти станції вони є нижчими. Отже, можна сказати що на дату останнього і першого заморозку найбільший вплив має широта станції, дещо менший висота і найменший довгота станції.

Тривалість безморозного періоду як у повітрі, так і на поверхні ґрунту моделюються добре, причому на поверхні ґрунту значно краще, про що говорять високі значення F-критерій Фішера.

Література

1. Гольцберг И. А. Некоторые закономерности распространения заморозков в зависимости от рельефа и подстилающей поверхности / И. А. Гольцберг – Л.: Гидрометеоиздат, 1948. – С.16-20.
2. Исаев А. А. Статистика в метеорологии и климатологии / А. А. Исаев – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 248 с.
3. Кобышева Н. В. Климатологическая обработка метеорологической информации / Н. В. Кобышева, Г. Я. Наровлянский – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 296 с.
4. Метеорологія. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 3513-97. - [Чинний від 1997-07-01]. – К.: Державний стандарт України, 1997. – 62 с.
5. Пановский Г. А. Статистические методы в метеорологии / Г. А. Пановский., Г. В. Брайер; пер. с англ. И. П. Гейбера и др.; под ред. Л. С. Гандина и др. – [2 -е изд.] – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 209 с.

Аннотация. *И. Н. Олексиенко, В. И. Затула* ***Оценка влияния географического положение на основные характеристики заморозка.*** *Установлены характер и теснота зависимости средних многолетних дат первого и последнего заморозка, а также средней продолжительности безморозного периода от физико-географических условий расположения станции. Определено, что статистически значимое влияние на рассматриваемые характеристики заморозка имеет географическая широта и абсолютная высота станции.*

Ключевые слова: *дата последнего заморозка, дата первого заморозка, продолжительность безморозного периода, линейная регрессия, множественная регрессия.*

Abstract. *I. N. Oleksienko, V. I. Zatula* ***Effect evaluation of geographical position on main characteristics of frost.*** *The nature and character of depending on the average dates of first and last frosts, and the average length of the frost-free period of physiographic conditions of the location of the station. It was determined that a statistically significant effect on the underlying characteristics of frost has latitude and altitude of the station.*

Keywords: *date of last frost date of the first frost, the length of the frost-free period, linear regression, multiple regression.*

Поступила в редакцию 08.02.2014 г.