

УДК 551.5:531.587

Юрій Кобченко*

к. геогр. н., доцент кафедри фізичної географії та картографії

e-mail: yuthed@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3727-2937>

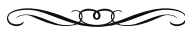
В'ячеслав Резуненко*

к. ф.-м. н., доцент кафедри фундаментальної математики

e-mail: varezunenko@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4577-4950>

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,

майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна



МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ АТМОСФЕРНИХ ПРОЦЕСІВ

У статті розглядаються питання застосування математико-картографічних методів у наукових дослідженнях атмосферних процесів і в навчальному процесі. Дослідження були спрямовані на визначення ступеня інтенсивності та кількісного обліку екологічно небезпечних атмосферних процесів, зокрема посушливості, та їх вплив на вегетацію і врожай сільськогосподарських культур. Для цього нами був використаний зазначений метод дослідження, який полягає у тому, що посушливі явища наносять на карту в системі умовних знаків, і надалі методами математичної статистики аналізуються кількісні характеристики досліджуваного явища. Апарат математичної статистики допомагає вірогідно розв'язувати завдання картографічного зображення природних явищ, а також вивчати різнобічні зв'язки між природними і антропогенними об'єктами, що відображені на картах, вимірювати і давати їх кількісну оцінку.

Ключові слова: атмосфера, метеорологія, кліматологія, картографічні методи, математичні методи, географічне середовище, навчальний процес.

Юрій Кобченко, Вячеслав Резуненко

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассматриваются вопросы применения математико-картографических методов в научных исследованиях атмосферных процессов и в учебном процессе. Исследования были направлены на определение степени интенсивности и количественного учёта экологически опасных атмосферных процессов, в частности засухливости, и их влияние на вегетацию и урожай сельскохозяйственных культур. Для этого нами был использован указанный метод исследования, который заключается в том, что засухливые явления наносятся на карту в системе условных знаков, и в дальнейшем методами математической статистики анализируются количественные характеристики исследуемого явления. Аппарат математической статистики помогает достоверно решать задачи картографического изображения природных явлений, а также изучать разносторонние связи между природными и антропогенными объектами, которые отражены на картах, измерять и давать их количественную оценку.

Ключевые слова: атмосфера, метеорология, климатология, картографические методы, математические методы, географическая среда, учебный процесс.

Yuri Kobchenko, Vyacheslav Rezunenko

MATHEMATICAL AND CARTOGRAPHIC METHODS OF ATMOSPHERIC PROCESSES' ANALYSIS

Formulation of the problem. The urgency of the problem posed is the need to take into account the degree of intensity and quantitative study of dangerous atmospheric processes that cover large areas and cause significant economic damage to agriculture. When solving these questions it is necessary to have an objective estimation of different factors impact including weather and climate on the level of agricultural production. This will allow to assess various indicators of agro-meteorological conditions more reasonably in the estimation of the cereal harvest.

Analysis of recent research and publications. The study of atmospheric processes and their effect on agricultural crops are devoted to in the works of V.V. Dokuchaev, P.I. Brounov, P.I. Koloskov, G.T. Selyaninov A.M. Alpatov S.A. Sapozhnikova, I.E. Buchinsky, N.B. Bova, V.A. Volevaha, V. Romushevich, Yu.I. Chirkov, M.I. Budyko, A.R. Konstantinov, G.P. Dubinskiy.

Formation of the purpose of the article. The article considers the questions of scientific research application and cartographical and mathematical methods. The following tasks are defined: to study the initial preconditions and methodological support in the study of this problem; to analyze the data of hydrometeorological service; to determine the empirical relationships of the spatial-temporal structure in the development of arid phenomena on the territory of Kharkiv region.

Presentation of the main research material. In this paper, an attempt is made to use quantitative characteristics of environmentally hazardous atmospheric phenomena development for the analysis of their formation and influence on human economic activity. To do this, we used a cartographic and mathematical method of research. It consists in the fact that natural phenomena and, in particular, environmentally dangerous ones are placed on a map in the system of conditional signs and then are analyzed by methods of mathematical statistics, quantitative characteristics of the investigated phenomenon. The apparatus of mathematical statistics helps to solve probabilistic tasks of cartographic representation of natural phenomena, as well as to study various connections between natural phenomena reflected on maps, to measure and assess them. Involvement of the mathematical apparatus in the study of the cartographic image stems from the need for in-depth knowledge of the phenomena essence depicted in the maps. The study of natural phenomena without application of the map-mathematical method is considered to be one-sided since this does not take into account one of the important aspects of any study - quantitative relations and regularities.

The result of the research is an analysis of statistical indicators of agricultural crops harvest and hydrometeorological conditions in Kharkiv region. Having analyzed these indicators, we determined that quantitative dependence of the crop on the number of dry days has a complex nonlinear multi-parameter appearance. At the same time, close connection between the harvest of corn and sugar beets with weather conditions was very significant, as indicated by the large correlation coefficient between them, equal to 0.87-0.90. We worked

out a hypothesis about the form of functional dependence between these components. Using the mathematical modeling method to analyze the spatio-temporal structure of natural-anthropogenic phenomenon development allows us to unify the hydrometeorological characteristics. It can be used in different fields of science, in particular, in recreational geography. The apparatus of mathematical statistics helps to reliably solve the cartographic representation tasks of natural phenomena, as well as to study the versatile links between natural and anthropogenic objects, which are reflected on the maps, measure and estimate them.

Conclusions. Cartographic and mathematical research method is an important component in the study of natural phenomena and processes and helps to solve probabilistic tasks of cartographic representation of natural phenomena, as well as to study the versatile relationships between natural phenomena reflected on maps, measure and quantitatively assess them.

Keywords: atmosphere, meteorology, climatology, cartographic methods, mathematical methods, geographical medium, educational process.

Постановка проблеми. Дослідження метеорологічних умов і явищ, які є важливими компонентами географічного середовища, що активно формують природну основу сільськогосподарського виробництва, зокрема землеробства, повинні розвиватись, у першу чергу, в напрямку визначення ступеня інтенсивності та кількісного обліку екологічно небезпечних атмосферних процесів. Серед них особливо слід зазначити посухи та суховії, пилові бурі, шквальні вітри та урагани, заморозки і вимерзання сільськогосподарських культур, які охоплюють великі території та завдають значних економічних збитків сільському господарству. В окремих випадках стихійні явища набувають катастрофічного характеру і завдають збитків, які інколи складають десятки, в окремих випадках сотні мільйонів гривень за рік [1, 5].

Практика і новітні технології природокористування вимагають поглиблення уявлень про предметну сутність і понятійні засади атмосферних процесів, розробки методів наукових досліджень у цій галузі, які побудовані на багатофакторних емпіричних зв'язках, що зробить можливим планове інформаційне обслуговування природничо-господарських завдань [5, 12]. Це дає можливість створити базу для подальшого розвитку наукових досліджень атмосферних процесів на більш високому теоретичному рівні. Практичне значення даної роботи має більшу спрямованість на виробничий сектор, але методичний матеріал може бути використаний і у навчальному процесі. Вивченню картографічних методів, а також методів математичної статистики з метою застосування їх для аналізу атмосферних процесів приділяється значна увага в навчальному процесі, зокрема при вивченні курсів «Метеорологія і кліматологія» і «Клімат України».

Вихідні передумови. Уперше питання про несприятливі атмосферні процеси ставиться основоположником кліматології О.І. Воейковим у роботі «Климаты земного шара и в особенности России». Пізніше їх вивченням займалися В.В. Докучаєв, П.І. Броунов, В.Г. Ротмістров. Конкретна задача визначення впливу погодних факторів на врожай сільськогосподарських культур була сформульована П.І. Броуновим ще в кінці XIX століття. Подальший розвиток цих досліджень знаходимо у роботах П.І. Колоскова, Р.Е. Давида, Г.Т. Селянинова. Пізніше послідовники Г.Т. Селянинова – А.М. Алпатъев,

І.А. Гольцбер, Ф.Ф. Давітая, С.А. Сапожникова, Ю.І. Чирков та ін. багато зробили для реалізації і розвитку його ідей. Широкого розвитку при обробці експериментальних даних одержали методи формального статистичного аналізу. Емпіричне рішення питання зв'язку врожаю з погодними умовами знайшло відображення у роботах М.Є. Браславця, В.П. Дмитренка, Є.К. Зоїдзе, Г.А. Пановського, С.І. Соломона та ін. Вказані методи являють собою класичний напрям дослідження у сільськогосподарській метеорології. Ці дослідження дозволили встановити основні закономірності впливу гідрометеорологічних факторів на процес формування врожаю. Побудовані багатофакторні емпіричні зв'язки зробили можливим організувати планове агрометеорологічне обслуговування сільського господарства і створити базу для подальшого розвитку агрометеорологічних досліджень на більш високому теоретичному рівні. Ці класичні дослідження, напевно, ще тривалий час можуть бути одним із провідних джерел інформації при вивченні агрометеорологічних закономірностей досліджуваних територій. Але локальність емпіричних зв'язків і відсутність загальної схеми вирішення питання, що враховують взаємний вплив визначальних факторів, не дозволяють цілком розраховувати на цей напрям досліджень як напрям, що цілком відповідає сучасному рівню науки. У роботах М.І. Будико, А.Р. Константинова, А.І. Коровіна, Ф.М. Куперман, А.А. Нічипоровича, Х.Л. Пенмана, Н.С. Петінова, Ю.Л. Раунера, І.О. Шульгіна розглядаються фізіологічні основи утворення біомаси, їх залежність від теплозабезпечення і особливо детально - від вологозабезпеченості рослин.

За останні роки вітчизняні і зарубіжні вчені (О.Д. Горбачов, В.П. Дмитренко, А.Г. Провірка, Ю.К. Росс, О.Д. Сиротенко, Ю.А. Хвалевський, І.А. Шульгін, Р. Реуморте, Ж.М. Россет) створили фізико-статистичні моделі фотосинтезу, вологоспоживання і мінерального живлення агрофітоценозів. Цей напрям досліджень перспективний, оскільки глибоко аналізуються основи процесу утворення фітомаси.

У роботах професора Харківського університету Г.П. Дубинського розкрито геофізичні основи формування посух і суховіїв, а на базі єдиного енергетичного підходу запропоновано загальне поняття «посушливо-суховійне явище»; розроблено коефіцієнт тепловологообміну в системі «грунт –

рослина — повітря», що дає можливість оцінити стан культур і гідрометеорологічну ефективність зрошувальних меліорацій; вивчено проблеми меліоративної географії в Україні [6]. У 1948 році Г.П. Дубинський започаткував дослідження гідрометеорологічних проблем зрошувального землеробства, а заснована ним наукова лабораторія проводила експедиційні роботи у різних регіонах України.

У науково-дослідній лабораторії гідрометеорологічного моніторингу при кафедрі фізичної географії та картографії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна нами започаткований широкий географічний підхід до вивчення природно-меліоративних аспектів досліджуваних територій, обґрунтовано поняття «природно-агромеліоративна система» як об'єкт дослідження меліоративної географії; розроблено метод природно-меліоративної оцінки ландшафтів; вивчено проблеми необхідності і можливості розвитку меліорацій у зоні нестійкого зволоження; розроблено показники фіто погодного комплексу; виконано моніторингове оцінювання ролі природних процесів і антропогенних факторів розвитку природно-антропогенних систем.

Метою статті є висвітлення методів математичної статистики і картографічного аналізу для вивчення екологічно небезпечних атмосферних процесів, обробки гідрометеорологічних даних і використання системи математичного апарату для розв'язання кліматологічних задач. Для досягнення цієї мети необхідно мати об'єктивну оцінку розподілу посушливо-суховійних явищ та їх впливу на врожай культур, тому в дослідженні визначаються такі задачі: вивчити вихідні передумови та методичне забезпечення цієї проблеми; проаналізувати дані гідрометеорологічної служби; визначити емпіричні зв'язки просторово-часової структури розвитку посушливих явищ на території Харківської області.

Об'єктом дослідження даної наукової роботи була вибрана територія Харківської області. Характерною особливістю погодно-кліматичних умов даної території є часта повторюваність посушливо-суховійних явищ. Кожні три роки є посушливими, а окремі роки (1972, 1975, 1986, 1995, 2002, 2005, 2007, 2010, 2015) — надзвичайно посушливими, що завдали значних збитків сільському господарству.

Предметом дослідження стало вивчення і картографування кліматотвірних процесів, що лежать в основі розвитку кліматичних явищ, які є необхідною ланкою дослідження взаємодії клімату з іншими елементами географічного середовища. Аналіз погодно-кліматичних умов математико-картографічним методом у конкретних географічних умовах необхідний також у комплексі досліджень з розробки методів прогнозування формування атмосферних процесів і їх впливу на виробничу діяльність людини.

Змістом дослідження даної теми є розробка методичних питань, пов'язаних з картографуванням екологічно небезпечних атмосферних процесів і

оцінкою їх ролі у процесі формування біомаси та врожаю сільськогосподарських культур.

У даній роботі використано кількісні характеристики розвитку екологічно небезпечних атмосферних явищ для аналізу їх формування і впливу на господарську діяльність людини. Для цього нами був застосований математико-картографічний метод дослідження, що полягає у тому, що природні явища, зокрема екологічно небезпечні, наносяться на карту в системі умовних знаків, а надалі методами математичної статистики аналізуються кількісні характеристики певного досліджуваного явища. Апарат математичної статистики допомагає вірогідно розв'язувати завдання картографічного зображення природних явищ, а також вивчати різнобічні зв'язки між природними явищами, що відображені на картах, вимірювати їх та давати кількісну їх оцінку. Залучення математичного апарату до вивчення картографічного зображення витікає з необхідності поглибленого пізнання сутності зображених на картах явищ. Вивчення явищ природи без застосування математико-картографічного методу вважається однобічним, оскільки при цьому не враховується одна з важливих сторін будь-якого дослідження — сторона кількісних відношень і закономірностей.

Виклад основного матеріалу. Особливості географічного положення України та атмосферних процесів, що розвиваються на її території, створюють умови для частого виникнення стихійних метеорологічних явищ, серед яких значну частку становлять посушливі явища. Ці явища спостерігаються з тією чи іншою частотою, інтенсивністю, періодами виникнення, тривалістю і площею поширення на території України та завдають значної шкоди сільськогосподарському виробництву, енергетиці, транспорту, іншим галузям економіки та населенню [3, 5, 9].

Посушливі явища зумовлені складним комплексом геофізичних і біофізичних процесів, що виникають на певній території протягом досить тривалого часу. Він характеризується підвищенням у даному фізико-географічному районі турбулентним обміном. Різке раптове зростання турбулентного теплообміну в системі «ґрунт — повітря» є ознакою початку суховійного стану погоди. Тривалий період без опадів, що викликає значне висихання ґрунту, і супроводжується трансформацією повітряної маси у бік її нагрівання та висушування, при відповідних умовах породжує сухий та гарячий вітер — суховій. З іншого боку, суховій виникає як вторгнення сухої та гарячої маси, що призводить до швидкого випаровування ґрунтової вологи, отже, супроводжується розвитком ґрунтової посухи. Таким чином, розрізняють такі види небезпечних атмосферних процесів, як тривале бездошів'я, високу температуру і низьку вологість повітря, суховії, атмосферну і ґрунтову посуху.

Бездошовий період — це інтервал часу, в якому протягом десяти і більше днів не спостерігаються

опадів або їх добова кількість не перевищує 1 мм. Тривале бездощів'я є передвісником посухи. Часто у ці періоди відзначаються суховії. Бездощовий період тривалістю понад 10 днів вважається посушливим [1].

Суховій — це стан атмосфери, за якого простежується перенесення сухого, надмірно теплого повітря, зі швидкістю 3-5 м/с (відносна вологість 30 % та нижча, а температура 25°C та вища). Поєднання суховію з бездощовим періодом протягом декількох днів зумовлює атмосферну посуху [2, 4].

Атмосферною посухою є стан атмосфери з тривалим бездощовим періодом, істотним зменшенням опадів, що супроводжується підвищеною інсоляцією та високою температурою і низькою вологістю повітря. Атмосферна посуха певної тривалості зумовлює ґрунтову посуху [1, 6, 10].

Ґрунтова посуха може спостерігатись на полях, які не адаптовані до посушливого клімату. На полях без рослин критерії ґрунтової посухи визначають за агрогідрологічними властивостями ґрунту (найменша вологоємність). За наявності агрофітоценозу ґрунтова посуха є складною системою, що враховує динаміку вологопотреби рослин і вологості ґрунту. В цьому випадку характерною особливістю ґрунтової посухи є невідповідність між волого потребою рослин та умовами їх вологозабезпечення. Внаслідок недостатньої вологості ґрунту, надлишкової інсоляції та припливу тепла відбувається істотне зниження транспірації і продуктивності порівняно із сприятливими умовами. Поєднання атмосферної і ґрунтової посухи в окремих випадках визначають як загальну посуху [1].

Кількісна оцінка посушливих явищ пов'язана із застосуванням різноманітних показників посушливості та критеріїв заподіяної шкоди.

Ці показники розроблялись із різних точок зору: кліматологічної, метеорологічної, агрометеорологічної, біофізіологічної, статистико-емпіричної, що призвело до появи численних визначень посушливості та її критеріїв. Їх можна об'єднати у геофізичні та біофізичні показники посушливих явищ. Геофізичні показники враховують стан атмосфери або ґрунту за певними ознаками у деякий час і в окремому пункті або на території. Наприклад, А.А. Камінський, Н.Ф. Самофалов, Я.І. Фельдман посушливі явища визначають за критичними значеннями метеоелементів. М.С. Кулик, І.В. Бова, С.А. Веріго, Л.А. Разумова, В.П. Попов визначають показниками посушливості запаси продуктивної вологи у ґрунті, де знаходяться корні рослин [3].

Біофізичні показники одночасно визначаються за станом атмосфери і реакцією відповідного об'єкта (польової культури, ґрунтової відмінності під цією культурою) або за деяким агрофоном тощо. Вони були розроблені М.І. Будиком, А.І. Будаговським, С.С. Савіновим, А.Р. Константиновим на основі тепловобалансових розрахунків з використанням об'єктивної кількісної характеристики посушливих явищ

[1, 6, 10]. М.М. Самбікін, А.В. Процеров, Р.Е. Давид розглядають посушливі явища із агрономічної точки зору та судять про них за врожайністю сільськогосподарських культур, а кліматичні дані використовують як загальний фон [10].

Проведені дослідження дали Г.П. Дубинському можливість визначити єдиний радіаційно-тепловобалансовий підхід до вивчення посушливо-суховійних явищ та запропонувати новий енергетичний показник — коефіцієнт тепловобміну (КТВ), що є комплексним показником інтенсивності посушливо-суховійних явищ, ступеня впливу меліорацій на мікроклімат сільськогосподарських угідь, ефективності зрошувальних меліорацій [4].

Запропонований коефіцієнт, який, до речі, ми пропонуємо називати «коефіцієнт тепловобміну професора Г.П. Дубинського», є відношенням величин витрат тепла на випаровування до величин витрат тепла на турбулентний теплообмін. Цей коефіцієнт відіграє важливу роль у формуванні фітопогодних комплексів і мікроклімату полів сільськогосподарських культур, а також їх стану.

Значення КТВ відбивають мікрокліматичні умови на досліджуваних полях. У засушливі періоди вони не перевищують 2, а у зволожені - різко зростають у десятки разів. Як показують дані спостережень, КТВ характеризує стан розвитку рослин і зокрема фіксує пригніченість їх розвитку або пошкодження. Це виникає коли КТВ менше 2, тобто коли турбулентний обмін удвічі перевищує витрати тепла на випаровування. КТВ може бути використаний і як показник поливних режимів. Незрошувані землі знаходяться у несприятливих гідрометеорологічних умовах і характеризуються малими значеннями КТВ (0,1 – 1,0), а на зрошуваних, де негативні явища не отримують розвитку, КТВ у середньому дорівнює 3 - 10. Безпосередньо під час поливу КТВ різко зростає. Витрати тепла на випаровування у цей період, як правило, перевищують радіаційний приплив тепла, а турбулентний потік тепла змінює свій напрямок.

Застосування КТВ допоможе в розрахунках зрошувальних режимів. Визначення норм потреби води рослинами суцього індивідуальне для кожної культури, а КТВ як критерій стану рослин дає змогу встановити ці норми і дозволяє розв'язувати питання раціонального нормування режимів зрошення.

Для розв'язання поставлених задач нами було узагальнено фактичний матеріал мережевих метеостанцій Харківської області, дані моніторингових експедиційних досліджень гідрометеорологічної лабораторії Харківського національного університету, фондові джерела інших організацій. Згідно з розробленим комплексним критерієм посушливості клімату [8], охарактеризована і картографована територія області за ступенем розвитку регіональних посушливо-суховійних явищ. Встановлено формування локальних осередків посушливості, які територіально співпадають з долиною ріки Сіверський

Донець і займають східні райони області. У цих районах відзначено і зниження урожайності сільськогосподарських культур у посушливі роки [4].

Для встановлення тісноти зв'язку врожайності сільськогосподарських культур (озима пшениця, кукурудза, цукрові буряки) з погодними умовами, зокрема з температурою повітря і вологістю повітря, визначався коефіцієнт кореляції (табл.).

Таблиця

Тіснота зв'язку врожайності культур з погодними факторами

Культура	Коефіцієнт кореляції	Квадратична помилка	Критерій вірогідності
Озима пшениця	0,85	0,05	5,32
Кукурудза	0,81	0,06	5,04
Цукровий буряк	0,89	0,07	5,42

Аналіз тісноти зв'язку погодних умов і врожайності культур показав високу ступінь залежності продуктивності сільськогосподарських культур від гідрометеорологічних факторів. Найбільш тісний зв'язок існує між погодними умовами і врожайністю цукрових буряків. Це, напевно, пояснюється більш високою потребою цієї культури в умовах вирощування.

Для розв'язання статистичної задачі характеру впливу погодних умов на врожай використані величини відхилення урожайності культур від середньої по області і кількість днів з посушливими погодами. Залежність продуктивності культур від гідрометеорологічних факторів підтвердили аналіз і розрахунки тісноти зв'язку погодних умов та врожайності культур. За відповідними даними була зроблена спроба визначити кількісну залежність урожаю від погодних умов методом регресійного аналізу.

Залежність виявилась нелінійною і апроксимувалась до рівняння гіперболи. Застосувавши метод

найменших квадратів, отримали параметри рівняння зв'язку:

$$\text{для озимої пшениці: } y = (39/n - 2,1) - 11,4;$$

$$\text{для кукурудзи: } y = (32,7/n - 3,3) - 12,2;$$

$$\text{для цукрового буряку: } y = (12,6/n - 3,9) - 7,1,$$

де: y – відхилення урожаю,

n – кількість посушливих днів.

Аналіз тісноти зв'язку вказаних ознак виконаний на основі розрахунків коефіцієнтів кореляції. Найбільш тісний зв'язок (0,87 - 0,90) відмічений між гідрометеорологічними факторами і врожайністю цукрового буряку, що пояснюється, напевно, більшою вимогливістю цієї культури до умов вирощування.

Як показують матеріали розрахунків, зменшення врожаю спостерігається у тих районах, де відмічена значна кількість днів з посушливими явищами. У цілому вивчення варіювання врожайності сільськогосподарських культур показало, що спостерігається різний її рівень і в окремі роки, і по території. Ці варіації здебільшого залежать від погодних умов.

Висновки. Таким чином, картографо-математичний метод дослідження є важливою складовою вивчення природних явищ і процесів. Суть його полягає у комплексному всебічному відображенні стану навколишнього середовища, його екологічної оцінки та діючих і перспективних заходів, щодо оптимізації природокористування на всіх рівнях територіального угруповання. Апарат математичної статистики допомагає вірогідно розв'язувати завдання картографічного зображення природних явищ, а також вивчати різнобічні зв'язки між природними явищами, що відображені на картах, вимірювати їх і давати їх кількісну оцінку.

Таким чином, математико-картографічні методи можуть лягти в основу методології створення природно-агромеліоративних систем на екологічній основі. Разом з тим, можна сказати, що вже зараз він спроможний зайняти своє місце у дослідницьких роботах екологічного спрямування.

Список використаних джерел:

1. Бабич А.О. Засуха, суховій і пилова буря в Україні в період глобальних змін клімату / А.О. Бабич, А.А. Бабич. – Вінниця: Діло, 2014. – Т. 2. – 535 с.
2. Бова Н.В. К вопросу о суховеях на Украине / Н.В. Бова. – Труды УкрНИГМИ. – 1965. - Вып.52. - С. 37-42.
3. Бучинский И.Е. Засухи и суховеи / И.Е. Бучинский. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 214 с.
4. Волеваха В.А. Суховії на Україні / В.А. Волеваха, В.І. Ромушевич. – К.: Вид-во Київ. ун-ту, 1972. - 140 с.
5. Дмитренко В.П. О комплексном агрометеорологическом показателе засушливости / В.П. Дмитренко // Труды УкрНИГМИ. – 1999. - Вып. 169. - С. 3-22.
6. Дубинский Г.П. Засушливые явления, их изучение и борьба с ними / Г.П. Дубинский // Труды географ. ф-та Харьковского ун-та. 1957. - Т. 3. – С. 23-47.
7. Кобченко Ю.Ф. Применение статистического критерия Хи-квадрат для анализа гидрометеорологической информации и прогнозирования развития погодных комплексов / Ю.Ф. Кобченко, В.А. Резуненко, Н.А. Гвоздь // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія Геологія - Географія – Екологія. - 2003, - № 610. - С. 143-150.
8. Кобченко Ю.Ф. Обработка гидрометеорологической экспериментальной информации методом системы кривых Пирсона / Ю.Ф. Кобченко, В.А. Резуненко // Материалы конференции «Каразинские природоведческие студии». – Харьков, ХНУ, 2004. - С. 287-290.
9. Кулик М.С. Агроклиматические показатели засухи / М.С. Кулик // Вопросы агрометеорологии. – 1958. – С. 65-79.
10. Лосев А.П. Агрометеорология / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. - М.: Колос, 2011. – 300 с.

11. Орлов А.И. Прикладная статистика: Учеб. / А.И. Орлов. - М.: Экзамен, 2006. - 671 с.
12. Сніжко С.І. Метеорологія / С.І. Сніжко, Л.В. Паламарчук, В.І. Затула. – К.: Київський університет, 2010. – 592 с.
13. IPCC: Climate Change 2014. Mitigating of Climate Change. - Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press, 2014. – 954 p.

References:

1. Baby`ch, A.O., Baby`ch, A.A. (2014). Zasuha, suxovij i py`lova burya v Ukraïni v period global`ny`x zmin klimatu [Drought, dry wind and dust storms in Ukraine during global climate change]. Vinny`cya: Dilo, 2, 535.
2. Bova, N.B. (1965). K voprosu o suhovejah na Ukraine [To the issue of dry wunds in Ukraine]. - Scientific works of UkrSRHMI, 52, 37-42.
3. Buchinskij, I.E. (1976). Zasuhi i suhovei [Drought and dry winds]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 214.
4. Volevaха, V.A., Romushev`ch, V.I. (1972). Suxoviyi na Ukraïni [Dry winds in Ukraine]. Ky`yiv: Vy`d-vo Ky`yiv. un-tu, 140.
5. Dmitrenko, VP. (1999). O kompleksnom agrometeorologicheskom pokazatele zasushlivosti [About the complex agrometeorological index of dryness]. Scientific works of UkrSRHMI, 169, 3-22.
6. Dubinskij, G.P. (1957). Zasushlivye javlenija, ih izuchenie i bor`ba s nimi [Drought phenomena, their study and the struggle with them]. Scientific works of geography department of the Kharkov University, 3, 23-47.
7. Kobchenko, Yu.F., Rezunenko, V.A., Gvozd', N.A. (2003). Primenenie statisticheskogo kriterija HI-kvadrat dlja analiza gidrometeorologicheskoi informacii i prognozirovanija razvitija pogodnyh kompleksov [Application of the statistical criterion XI-square for the analysis of hydrometeorological information and forecasting the development of weather complexes]. Bulletin of the V.N. Karazin Kharkov National University. Series Geology – Geography – Ecology, 610, 143-150.
8. Kobchenko, Yu.F., Rezunenko, V.A. (2004). Obrabotka gidrometeorologicheskoi jeksperimental`noj informacii metodom sistemy krivyh Pirsona [Hydrometeorological experimental information processing using the Pearson curve system method]. Materialy konferencii «Karazinskie prirodovedcheskie studii» [Materials of the conference «Karazin nature research studios»]. Har`kov: HNU, 287-290.
9. Kulik, M.S. (1958). Agroklimaticheskie pokazateli zasuhi [Agroclimatic index of drought]. Issue of agrometeorology, 65-79.
10. Losev, A.P., Zhurina, L.L. (2011). Agrometeorologija [Agrometeorology]. Moskva: Kolos, 300.
11. Orlov, A.I. (2006). Prikladnaja statistika: Uchebnik [Applied statistics: Textbook]. Moskva: Jekzamen, 671.
12. Snizhko, S.I., Palamarchuk, L.V., Zatuła, V.I. (2010). Meteorologiya [Meteorology]. Ky`yiv: Ky`yiv. un-t, 592.
13. IPCC (2014). Climate Change 2014. Mitigating of Climate Change. - Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press, 954.

Відомості про авторів:

Кобченко Юрій Федорович – кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії та картографії факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

Резуєнєкò В`ячеслав Олексійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фундаментальної математики факультету математики та інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна