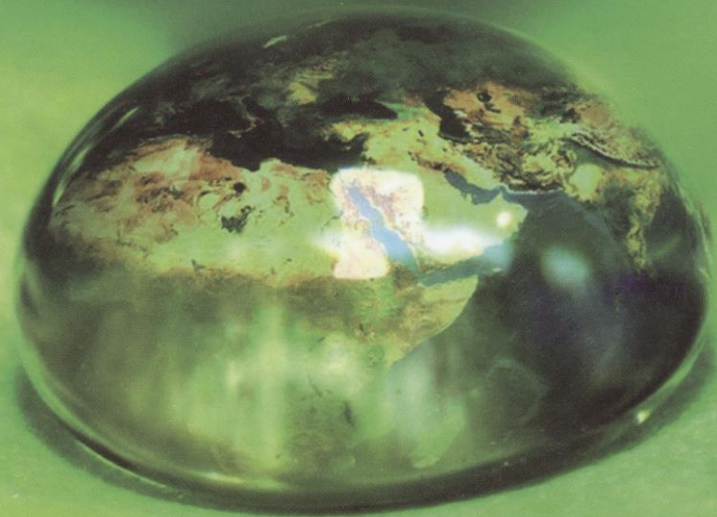


**ОЦІНКА ВПЛИВУ
КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН
НА ГАЛУЗІ ЕКОНОМІКИ
УКРАЇНИ**



ББК 26.234.7:65

О-93

УДК 551.58:33

Колектив авторів:

С. М. Степаненко, д. ф.-м. н., проф.; А. М. Польовий, д. геогр. н., проф.; Є. П. Школьний, д. техн. н., проф.; Е. М. Серга, к. геогр. н., доцент; В. М. Хохлов, д. геогр. н., проф.; В. М. Бондаренко, к. геогр. н., доцент; Г. О. Боровська, к. геогр. н., доцент; Л. Г. Латиш, асп.; Ж. В. Волошина, к. геогр. н.; О. В. Волошина, к. геогр. н., доцент; І. А. Хоменко, ст. викл.; О. О. Врублевська, к. геогр. н., доцент; О. Л. Казаков, к. ф.-м. н., доцент; М. В. Трегубова, к. геогр. н., доцент; М. Д. Головатюк, асп.; Г. П. Катеруша, к. геогр. н., доцент; Л. Ю. Божко, к. геогр. н., доцент; Л. І. Польова, ст. наук. сп.; С. М. Мажура, ст. наук. сп.; О. О. Дронова, к. геогр. н., доцент; М. І. Кульбіда, к. геогр. н.; Т. І. Адаменко, к. геогр. н.; І. В. Трофімова, к. ф.-м. н.; В. С. Антоненко, д. геогр. н.; О. Л. Барсукова, к. геогр. н., доцент; О. Л. Жигайло, к. геогр. н., доцент; С. М. Свідерська, к. геогр. н., доцент; О. В. Вольвач, к. геогр. н., доцент; Н. С. Лобода, д. геогр. н., проф.

Рецензенти:

С. І. Сніжко, доктор географічних наук, професор;
О. О. Світличний, доктор географічних наук, професор;
В. Я. Щербаков, доктор сільськогосподарських наук, професор

Друкується за рішенням вченої ради Одеського державного екологічного університету. (Протокол № 9 від 27.10.2011 р.)

У монографії розглянуто сучасні сценарії змін клімату та вплив очікуваних змін клімату на ефективність галузей економіки України. Вивчено особливості погодо- і кліматоутворювальних процесів, що розвиваються в результаті енерго- і масообміну між атмосферою й океаном у Північній Атлантиці, а також відгуки клімату України й частини території Західної Європи на зазначені кліматоутворювальні фактори. Розглянуто зміни глобального клімату та їх вплив на майбутній режим опадів і температури повітря в Україні. Досліджено зміни кліматичних характеристик опалювального періоду в різних регіонах України наприкінці ХХ століття та зроблено прогноз майбутніх змін тривалості опалювального періоду. Виконано оцінку та надано прогноз впливу змін кліматичних чинників на біокліматичні ресурси. Проведено оцінку зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур, їх фотосинтетичної продуктивності та формування урожаю. Надано рекомендації щодо зміни структури посівних площ у зв'язку з кліматичними змінами на період 2030–2040 рр. Виконано оцінку та надано прогноз водних ресурсів України в умовах змін глобального клімату. Розроблено рекомендації щодо використання водних ресурсів з метою попередження наслідків глобального потепління.

ISBN 978–966–8740–83–1

© Одеський державний екологічний університет, 2011

ЗМІСТ

Передмова.....	3
1. Дослідження чутливості кліматичних характеристик у різних регіонах в Атлантико-Європейському секторі північної півкулі до можливих змін кліматоутворювальних факторів.....	7
1.1. Регіоналізація температурно-вологісного режиму в Атлантико-Європейському секторі.....	9
1.1.1. Характеристика вихідного матеріалу.....	9
1.1.2. Алгоритм універсального адаптивного ітераційного методу кластерного аналізу (УАІМКА).....	11
1.1.3. Опис кластерів кліматичних характеристик в Атлантико-Європейському секторі у зимовий період.....	14
1.1.3.1. Кластери середньомісячної температури повітря....	14
1.1.3.2. Кластери місячної кількості опадів.....	17
1.2. Побудова математичної моделі взаємозв'язку між кліматичними характеристиками та факторами, що впливають на них.....	21
1.2.1. Обґрунтування факторів, що впливають на формування регіонального клімату України.....	21
1.2.2. Багатовимірна нелінійна регресійна модель і характеристика вихідних даних.....	29
1.2.3. Результати чисельних експериментів.....	37
2. Зміни глобального клімату та їх вплив на майбутній режим опадів і температури в Україні.....	44
2.1. Основні підходи до оцінки чутливості кліматичної системи до збурень.....	44
2.1.1. Визначення радіаційного форсингу.....	44
2.1.2. Рівноважний відгук кліматичної системи – визначення зворотного зв'язку.....	45
2.1.3. Швидкоплинний відгук кліматичної системи.....	48
2.2. Сценарії викидів парникових газів та моделювання майбутнього клімату.....	51
2.3. Зміни режиму температури та опадів.....	60
2.4. Зміни екстремальних проявів у режимах температури і опадів.....	64
2.4.1. Індекс змін клімату.....	64
2.4.2. Індикатори змін температурного режиму.....	67
2.4.3. Індикатори змін режиму опадів.....	71
2.4.4. Індикатори змін режиму вологовмісту ґрунту.....	78
3. Енергетичні ресурси клімату України.....	82
3.1. Кліматична характеристика опалювального періоду.....	82

3.1.1. Методика дослідження змін кліматичних характеристик опалювального періоду.....	83
3.1.2. Результати досліджень.....	85
3.1.3. Динаміка тривалості опалювального періоду за сторіччя (1901-2000 рр.).....	94
3.1.4. Прогноз змін тривалості опалювального періоду за допомогою сценаріїв.....	96
3.2. Оцінка змін геліоресурсів в Україні в умовах потепління клімату.....	121
3.2.1. Загальні положення.....	121
3.2.2. Показники сонячного кадастру для оцінки геліоресурсів.....	122
3.2.3. Просторово-часовий розподіл середнього бала загальної хмарності.....	125
3.2.4. Просторовий розподіл числа ясних і напівясних днів...	129
3.2.5. Часова мінливість числа ясних і напівясних днів.....	137
3.2.6. Загальна характеристика тривалості сонячного сяйва...	142
3.2.7. Просторово-часовий розподіл сумарної радіації.....	150
3.2.8. Особливості радіаційного режиму території Одеської області.....	157
3.2.9. Добові і годинні суми прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню.....	174
3.2.10. Прикладні аспекти використання сонячної радіації...	179
3.2.11. Природна освітленість і ефективність її використання	186
3.3. Кліматичні ресурси Одеської області для цілей вітроенергетики.....	195
3.3.1. Вихідні матеріали та методи дослідження.....	197
3.3.2. Оцінка змін вітрового режиму в південно-західних областях України у другій половині ХХ століття.....	199
3.3.3. Часові зміни режиму швидкості вітру.....	203
3.3.4. Попередній аналіз вітроенергетичних ресурсів Одеської області.....	223
4. Зміни кліматичних факторів та їх вплив на біокліматичні ресурси України.....	232
4.1. Зміна кліматичних чинників з кінця ХІХ і протягом ХХ сторіччя	233
4.1.1. Тенденція змін режиму температури.....	233
4.1.2. Динаміка режиму відносної вологості.....	238
4.1.3. Характеристика змін режиму швидкості вітру.....	241
4.2. Оцінка впливу змін клімату на його рекреаційні ресурси.....	245
4.2.1. Методика визначення біокліматичних показників.....	245
4.2.2. Аналіз тенденції змін еквівалентно-ефективної температури та інших біокліматичних показників.....	249

4.3.	Визначення прогностичних значень біокліматичних показників.....	254
4.4.	Районування території України по еквівалентно-ефективних температурах.....	265
5.	Оцінка зміни агрокліматичних ресурсів України та їхній вплив на формування урожайності сільськогосподарських культур.....	277
5.1.	Оцінка зміни агрокліматичних ресурсів України.....	279
5.1.1.	Теплозабезпеченість вегетаційного періоду.....	280
5.1.2.	Вологозабезпеченість вегетаційного періоду.....	310
5.2.	Просторово-часова оцінка мінливості урожаїв зернових культур на території України.....	324
5.2.1.	Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур.....	324
5.2.2.	Динаміка урожаїв озимих зернових культур.....	328
5.2.3.	Динаміка урожаїв ярих зернових культур.....	356
5.2.4.	Оцінка кліматичної складової мінливості урожаїв зернових культур в період 1996–2009 роки.....	384
5.3.	Оцінка зміни агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності сільськогосподарських культур в Україні.....	386
5.3.1.	Базова динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур.....	386
5.3.2.	Оцінка зміни агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності озимої пшениці.....	400
5.3.3.	Коливання урожайності озимих зернових культур у зв'язку зі зміною клімату.....	409
5.3.4.	Оцінка зміни агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності ярих зернових культур.....	420
5.3.5.	Коливання урожайності ярих зернових культур у зв'язку зі зміною клімату.....	430
5.3.6.	Оцінка зміни агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності кукурудзи.....	440
5.3.7.	Оцінка зміни агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності гороху.....	453
5.3.8.	Оцінка коливань валових зборів зерна сільськогосподарських культур за сценарієм зміни клімату.....	467
5.4.	Рекомендації щодо зміни структури посівних площ сільськогосподарських культур та врахування фактора зміни клімату в сфері виробництва зерна в Україні.....	495
5.4.1.	Оцінка можливих коливань валових зборів урожаю сільськогосподарських культур в цілому по Україні.....	495
5.4.2.	Рекомендації щодо зміни структури посівних площ	

сільськогосподарських культур в Україні.....	496
5.4.3. Рекомендації щодо врахування фактора зміни клімату в сфері виробництва зерна в Україні.....	514
6. Оцінка зміни агрокліматичних ресурсів формування урожаю овочевих культур в Україні.....	517
6.1. Загальна характеристика базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності овочевих культур.....	517
6.2. Оцінка зміни агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності овочевих культур в Україні.....	530
7 Оцінка стану водних ресурсів України в умовах змін регіонального клімату та їх вплив на економіку України.....	566
7.1. Зміни кліматичних факторів формування стоку та поверхне- вих водних ресурсів України на початку ХХІ сторіччя.....	568
7.2. Прогнози впливу змін клімату на водні ресурси України за сценаріями глобального потепління.....	573
7.2.1. Модель «клімат–стік».....	573
7.2.2. Визначення поверхневих водних ресурсів України за моделлю «клімат–стік» з використанням даних сценаріїв змін клімату.....	577
7.3. Прогнози впливу змін клімату на поверхневі водні ресурси з урахуванням водогосподарської діяльності.....	583
7.3.1. Стохастичні моделі річного побутового стоку в умовах водогосподарської діяльності.....	583
7.3.2. Прогнози змін поверхневих водних ресурсів України за сценаріями глобального потепління з урахуванням впливу водогосподарської діяльності.....	592
7.4. Рекомендації щодо використання поверхневих водних ресурсів України з метою попередження наслідків глобального потепління.....	599
Висновки.....	606
Список літератури.....	613
Додатки.....	630
Додаток А.....	631
Додаток Б.....	646
Додаток В.....	669
Додаток Г.....	674
Додаток Д.....	683

CONTENTS

Preface.....	3
1. Study on sensitivity of climatic characteristics in various regions of the Atlantic-European sector in the northern hemisphere to possibilities of change in the climate-forming factors.....	7
1.1. Regionalization of the temperature and humidity regime in the Atlantic-European sector.....	9
1.1.1. Description of the dataset.....	9
1.1.2. The algorithm of an adaptive iterative omnibus technique of cluster analysis (AIOTCA).....	11
1.1.3. Description of clusters of climate characteristics in the Atlantic-European sector in the winter period.....	14
1.1.3.1. Clusters of monthly averages of air temperature.....	14
1.1.3.2. Clusters of monthly precipitation sums.....	17
1.2. Mathematical modelling of interaction between the climate characteristics and the affecting factors.....	21
1.2.1. Justification of factors to affect formation of the regional climate in Ukraine.....	21
1.2.2. Multidimensional nonlinear regression model and description of the source data.....	29
1.2.3. Numerical modeling results.....	37
2. Global climate change and its impact on precipitation and temperature regime in Ukraine in the future.....	44
2.1. Main approaches to assessment of sensitivity of the climate system to disturbances.....	44
2.1.1. The notion of radiation forcing.....	44
2.1.2. Equilibrium response of the climate system – the notion of feedback.....	45
2.1.3. Transient response of the climate system.....	48
2.2. Scenarios of greenhouse gas emissions and modelling the future climate.....	51
2.3. Changes in the temperature and precipitation regime.....	60
2.4. Changes in extreme events in the temperature and precipitation regime.....	64
2.4.1. Climate change index.....	64
2.4.2. Indicators of changes in the temperature regime.....	67
2.4.3. Indicators of changes in the precipitation regime.....	71
2.4.4. Indicators of changes in the soil moisture content regime.....	78
3. Energy resources of the climate in Ukraine.....	82
3.1. Climatic description of the heating season.....	82
3.1.1. Exploratory procedure for changes in climate characteristics of the heating season.....	83

3.1.2. Results of the study.....	85
3.1.3. Dynamics of heating season length for the period of a century (1901-2000).....	94
3.1.4. Prediction of changes in heating season length under different scenarios.....	96
3.2. Assessment of changes in helioresources of Ukraine under the conditions of global warming.....	121
3.2.1. General statements.....	121
3.2.2. Indicators of the solar cadastre for assessment of the helioresources.....	122
3.2.3. Spatial and temporal distribution of an average amount of total cloudiness.....	125
3.2.4. Spatial distribution of number of clear and semi-clear days...	129
3.2.5. Temporal variability of clear and semi-clear days.....	137
3.2.6. General description of sunshine duration.....	142
3.2.7. Temporal and spatial distribution of total radiation.....	150
3.2.8. Features of radiation conditions in Odessa province.....	157
3.2.9. Daily and hourly sums of direct beam solar radiation on a surface perpendicular to the sun rays.....	174
3.2.10. Applied aspects of solar radiation use.....	179
3.2.11 Natural irradiance and efficiency of its use.....	186
3.3. Climate resources of Odessa province to be used in wind-power generation.....	195
3.3.1 Dataset and analysis techniques.....	197
3.3.2. Assessment of changes in wind regime in the south-western regions of Ukraine in the second half of the XX century.....	199
3.3.3. Temporal changes in wind speed regime.....	203
3.3.4. Preparatory analysis of wind energetic resources of Odessa province.....	223
4. Changes in climate factors and their impact on the bioclimatic resources of Ukraine.....	232
4.1. Changes in climate factors at the close of XIX century and during the XX century.....	233
4.1.1. Trend of changes in the temperature regime.....	233
4.1.2. Dynamics of the relative air humidity regime.....	238
4.1.3. Description of changes in the wind speed regime.....	241
4.2. Assessment of impact of climate change on the recreation resources.....	245
4.2.1. Technique for definition of bioclimate parameters.....	245
4.2.2. Analysis of trend of changes in equivalent effective temperature and other bioclimate parameters.....	249
4.3. Definition of prognostic values of bioclimatic parameters.....	254
4.4. Zoning of the territory of Ukraine by the equivalent effective	

... temperature.....	265
5. Assessment of changes in the agro-climate resources of Ukraine and their impact on forming the rate of crop yield.....	277
5.1. Assessment of changes in agro-climate resources of Ukraine.....	279
5.1.1. Heat probability of the vegetation period.....	280
5.1.2. Moisture probability of the vegetation period.....	310
5.2. Temporal and spatial assessment of variability of cereal crop harvests over the territory of Ukraine.....	324
5.2.1. Technique for assessment of variability in the rate of crop yield.....	324
5.2.2. Dynamics of winter cereal crop yields.....	328
5.2.3. Dynamics of spring cereal crops yields.....	356
5.2.4. Assessment of climate component of variability in cereal crop yields for the period of 1996-2009.....	384
5.3. Assessment of changes in agro-climate conditions of growth, development and formation of the crop yield rate in Ukraine.....	386
5.3.1. Basic dynamic model of crop yield formation.....	386
5.3.2. Assessment of changes in agro-climate conditions for growth, development and formation of productivity in winter wheat.....	400
5.3.3. Fluctuation of winter crop capacity in connection with climate change.....	409
5.3.4. Assessment of change in agro-climate conditions of growth, development and formation of productivity in spring cereal crops...	420
5.3.5. Fluctuation of spring cereal crop capacity in connection with climate change.....	430
5.3.6. Assessment of change in agro-climate conditions of growth, development and formation of productivity in maize.....	440
5.3.7. Assessment of change in agro-climatic conditions of growth, development and formation of productivity in pea.....	453
5.3.8. Assessment of fluctuation of gross grain yields under the climate change scenario.....	467
5.4. Guidelines on changes in cultivation area structure and taking account of climate change factor in grain production in Ukraine.....	495
5.4.1. Assessment of potential fluctuations of gross crop yields for Ukraine as a whole.....	495
5.4.2. Guidelines on changes in cultivation area structure in Ukraine.....	496
5.4.3. Guidelines on taking account of the climate change factor in grain production in Ukraine.....	514
6. Assessment of changes in agro-climate resources for vegetable crop formation in Ukraine.....	517

6.1.	General description of the basic model of assessment of agro-climate resources for formation of vegetable crop productivity.....	517
6.2.	Assessment of change in agro-climate conditions of growth, development and formation of vegetable crop yield rate in Ukraine.....	530
7.	Assessment of state of water resources in Ukraine under the conditions of regional climate change and their impact on the economy of Ukraine.....	566
7.1.	Changes in climate factors for formation of runoff and surface water resources in the early XXI century.....	568
7.2.	Prediction of climate change impact on the water resources in Ukraine under global warming scenarios.....	573
7.2.1.	Climate-runoff model.....	573
7.2.2.	Evaluation of surface water resources of Ukraine under the climate-runoff model with the use of data on climate change scenario.....	577
7.3.	Predictions of climate change impact on the surface water resources with water-management activities taken account of.....	583
7.3.1.	Stochastic models of river household runoff under the conditions of water-management activities.....	583
7.3.2.	Predictions of climate change in the surface water resources of Ukraine under the global warming scenarios with water-management activities taken account of.....	592
7.4.	Guidelines on use of surface water resources in Ukraine with the aim of global warming effect prevention.....	599
	Summary.....	606
	References.....	613
	Annexes.....	630
	Annex А.....	631
	Annex Б.....	646
	Annex В.....	669
	Annex Г.....	674
	Annex Д.....	683

О-93 **Степаненко С. М., Польовий А. М., Школьний Є. П. та ін.**
Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України : [монографія] / колектив авт.: С. М. Степаненко, А. М. Польовий, Є. П. Школьний [та ін.] ; за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. — Одеса : Екологія, 2011. — 696 с.
ISBN 978-966-8740-83-1

У монографії розглянуто сучасні сценарії змін клімату та вплив очікуваних змін клімату на ефективність галузей економіки України. Вивчено особливості погодо- і кліматоутворювальних процесів, що розвиваються в результаті енерго- і масообміну між атмосферою й океаном у Північній Атлантиці, а також відгуки клімату України й частини території Західної Європи на зазначені кліматоутворювальні фактори. Розглянуто зміни глобального клімату та їх вплив на майбутній режим опадів і температури повітря в Україні. Досліджено зміни кліматичних характеристик опалювального періоду в різних регіонах України наприкінці ХХ століття та зроблено прогноз майбутніх змін тривалості опалювального періоду. Виконано оцінку та надано прогноз впливу змін кліматичних чинників на біокліматичні ресурси. Проведено оцінку зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур, їх фотосинтетичної продуктивності та формування урожаю. Надано рекомендації щодо зміни структури посівних площ у зв'язку з кліматичними змінами на період 2030–2040 рр. Виконано оцінку та надано прогноз водних ресурсів України в умовах змін глобального клімату. Розроблено рекомендації щодо використання водних ресурсів з метою попередження наслідків глобального потепління.

State-of-the-art climate change scenarios and impact of the expected climate change on efficiency of Ukraine's economy are treated in the monograph. The features of weather- and climate- forming processes that develop as a result of energy-mass exchange between the atmosphere and the ocean in the North Atlantic as well as the response of the climate in Ukraine and a part of Western Europe to the mentioned climate-forming factors are under the study. Global climate change and its impact on the future precipitation and temperature regime in Ukraine are considered. Changes in climate characteristics of the heating season in various regions of Ukraine at the late 20th century are examined and predictions of the future changes in heating season length are made. Assessment and prediction of impact of the climate factors on the bioclimatic resources are derived. Assessment of change in agro-climate conditions for cultivation of crops, their photosynthetic productivity and yield formation are carried out. Guidelines on change in cultivation area structure in connection with the climate change for the period of 2030–2040 are drawn up. Assessment and prediction of water resources under the global climate change are made for Ukraine. Guidelines on the water resource use are presented with the aim of global warming effect prevention.

ББК 26.234.7:65
УДК 551.58:33