

УДК 311

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ДИНАМІКУ ЗМІНИ  
СЕРЕДНЬОРІЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В УКРАЇНІ**

**Токарь Віктор**

**Науковий керівник: канд.ф.-м. наук, доцент Акбаш К.С.**

*Центральноукраїнський державний педагогічний університет  
імені Володимира Винниченка*

***Анотація.** У статті досліджується зв'язок між показником середньорічної температури, та факторами що на нього можуть впливати. Було розглянуто динаміку показників середньорічної температури, викидів вуглекислого та інших парникових газів, площі знижених лісів. Були перевірені зв'язки між цими показниками. Були побудовані ARIMA моделі та зроблені прогнози на основі цих моделей.*

***Ключові слова:** клімат, температура, ARIMA модель, викиди вуглекислого газу, прогноз.*

**STUDY OF FACTORS OF INFLUENCE ON THE DYNAMICS OF  
CHANGE IN AVERAGE ANNUAL TEMPERATURE IN UKRAINE**

**Tokar Viktor**

**Scientific supervisor: Candidate of Physics and Mathematics Sciences,**

**Docent Akbash K.S.**

*Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University*

***Abstract.** The article examines the relationship between the average annual temperature and the factors that may affect it. The dynamics of average annual temperature, carbon dioxide and other greenhouse gas emissions, and the area of deforestation were considered. The relationships between these metrics have been tested. ARIMA models were built and forecasts based on these models.*

***Key words:** climate, temperature, ARIMA model, carbon dioxide emissions, forecast.*

**Постановка проблеми.** В зв'язку з тенденцією температури в останні роки підвищуватись, дослідження того за рахунок яких саме факторів відбувається ця зміна досить важлива, так як це допоможе краще оцінювати як саме температура буде змінюватись в майбутньому. Стаття присвячена дослідженню наявності впливу певних факторів на показник температури, та побудові моделей для прогнозу подальших змін.

### **Аналіз досліджень і публікацій.**

Існує достатня кількість публікацій що розповідають про негативний вплив викидів вуглекислого та інших парникових газів на клімат, та публікацій що акцентують увагу на проблемі глобального потепління. Так як такі публікації дуже схожі між собою достатньо розглянути лише деякі з них. Так, наприклад в публікації «Парникова Земля: життя під загрозою - попри зменшення викидів CO<sub>2</sub>» [5] розповідається про те, як саме може вплинути в майбутньому потепління пов'язане з викидами вуглецю, що відбувається зараз, а в статті «Про вуглекислий газ та орбітальні цикли Землі. Чи існує глобальне потепління» [6] також акцентується увага і на рівні концентрації вуглекислого газу в атмосфері, що були в минулому, її зв'язок з температурою, та необхідність її зменшувати. Але, в цих та інших подібних публікаціях, що є у вільному доступі в мережі інтернет, говорять про існування залежності температури від викидів CO<sub>2</sub> і певних інших факторів, але не досліджують вплив цих факторів більш детально. Тому, дана тема, що є досить важливою, потребує дослідження.

**Мета статті:** проаналізувати вплив факторів на середньорічну температуру в Україні, побудувати моделі та зробити прогнози.

## **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Дані з якими ведеться робота були отримані з дослідження [1] та наступних ресурсів: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/> та <https://worldbank.org/>.

Перед початком дослідження ведемо такі позначення змінних:

$Y$  - температурний показник вплив на динаміку якого розглядається. Визначається як середньорічна температура на території України.

$X_1$  - показник  $CO_2$  (Вуглекислого газу). Визначається як річні викиди вуглекислого газу виробництвом. Показник базується на територіальних викидах, тому не враховує викиди пов'язані з експортованими товарами.

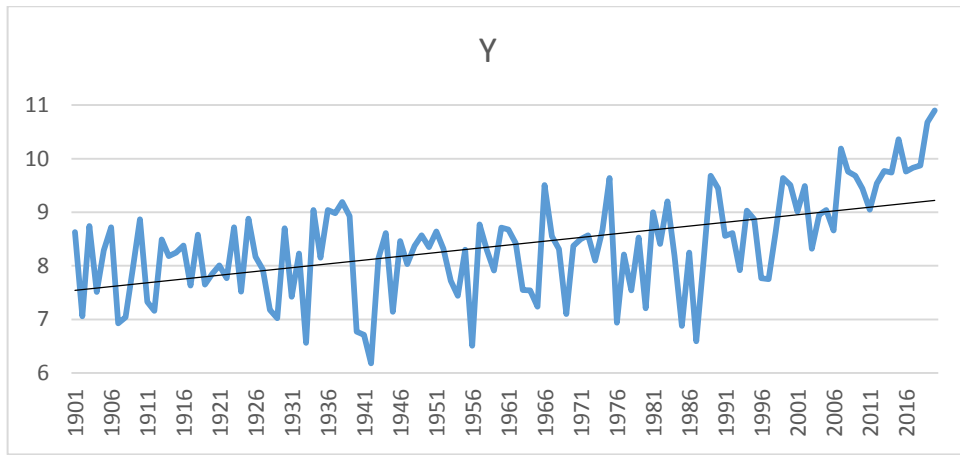
$X_2$  - парникові гази. Визначається як сумарні викиди парникових газів, в еквіваленті вуглекислого газу.

$X_3$  - площа знищених лісів. Показник враховує як площу лісів знищену діяльністю людей, так і втрачену в наслідок природних явищ.

Слід зауважити, що частина цих показників наявна лише за відносно невеликий проміжок часу, і прогнози що будуть будуватися, будуть базуватися саме на даних цього проміжку часу.

Розглянемо як вказані показники змінювались протягом часу. Для цього, побудуємо та розглянемо їх графіки.

Першим розглянемо температурний показник,  $Y$ . Його графік наведено нижче (Рис.1).



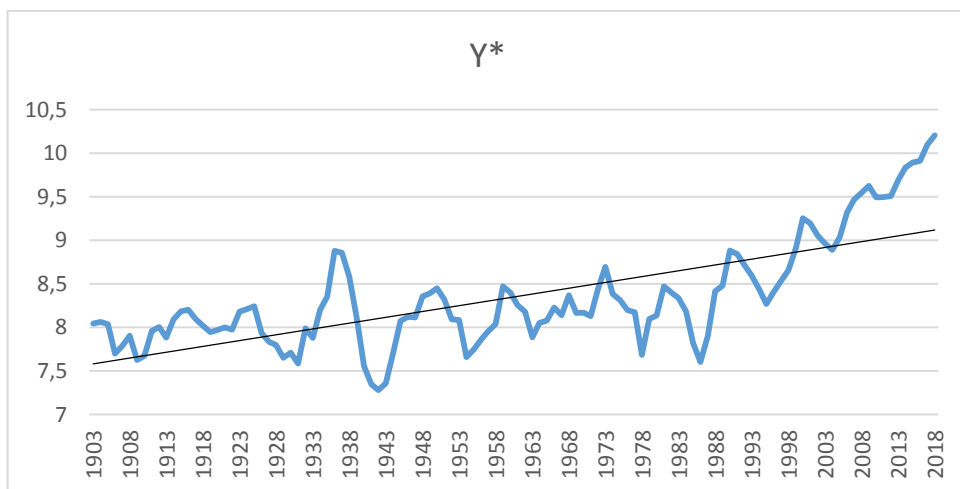
**Рис.1.** Графік динаміки зміни середньорічної температури за 1901-2020 роки.

Проаналізувавши наведений графік, можна сказати, що значення цього показника постійно змінюються, але тримаються в деякому околі певного рівня. Але, як ми можемо бачити, в останні роки всі коливання цього показника зміщуються вгору, що говорить про підвищення цього рівня, а отже температури в цілому. Лінійний тренд підтверджує дане твердження.

Це можна також побачити краще, якщо на основі цього ряду побудувати ряд, значення якого будуть визначатися як:

$$y_n^* = \frac{1}{5} (y_{n-2} + y_{n-1} + y_n + y_{n+1} + y_{n+2})$$

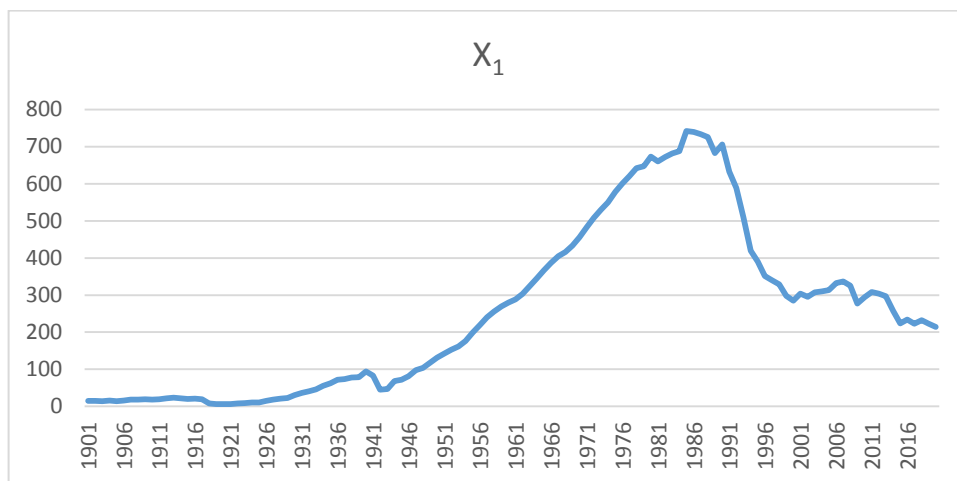
Тобто ряд що складається з середніх значень проміжків в 5 років. Його графік наведено нижче (Рис.2).



**Рис.2.** Згладжений графік динаміки зміни середньорічної температури за 1901-2020 роки

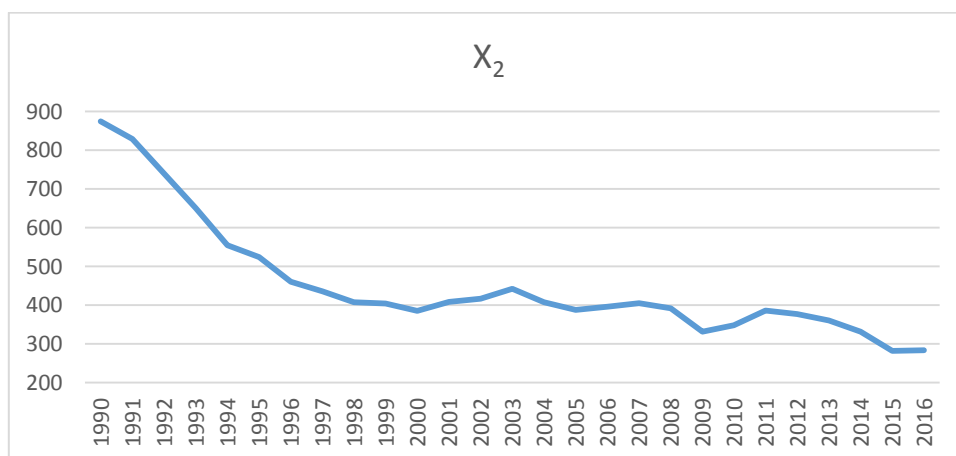
Враховуючи обидва графіки, можна зробити висновок, що середньорічна температура на території України дійсно підвищилась за останні роки, і ця зміна є досить суттєвою.

Далі розглянемо показник викидів CO<sub>2</sub>. Його графік наведено нижче (Рис.3).



**Рис.3.** Графік динаміки зміни викидів CO<sub>2</sub> за 1901-2020 роки

Зміни цього показника в першу чергу зумовлені діяльністю яка спричиняє велику кількість викидів вуглекислого газу - наприклад генерацією електроенергії за рахунок спалювання вугілля, або деяких інших видів палива. Цей факт легко підтвердити, якщо порівняти величину цього показника, і структуру енергетики країни в відповідні роки. Тому зараз, коли частка вугілля в енергетиці порівняно невисока, цей показник значно знизився, ніж наприклад 20 років тому, і як ми можемо бачити з графіку, має тенденцію спадати далі.

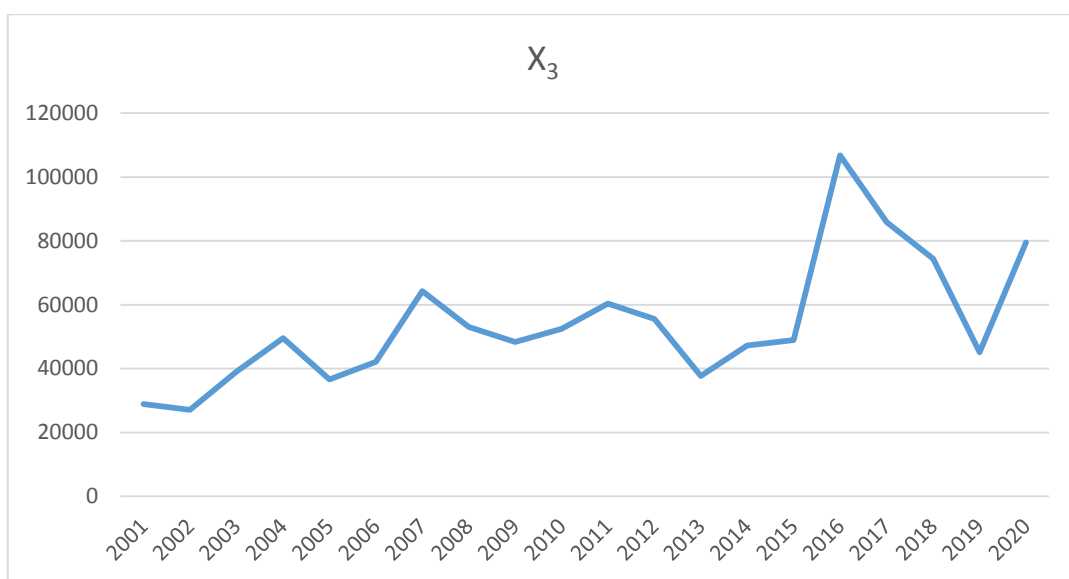


**Рис. 4.** Графік динаміки зміни викидів парникових газів за 1990-2016 роки

Наступний показник – викиди парникових газів. Його графік наведено нижче (Рис.4).

З наявних даних можна побачити, що рівень викидів парникових газів в країні стрімко знижався, після чого цей спад дуже сповільнився, але показник зберіг тенденцію до спаду.

Останній показник динаміку якого ми розглянемо – показник площі знищення лісів (Рис.5).



**Рис. 5.** Графік динаміки зміни площі знищених лісів за рік, за 2001-2020 роки

Як ми можемо бачити, цей показник є досить непостійним, але в загальному, має тенденцію до збільшення.

Для подальшої роботи з вказаними рядами даних, необхідно перевірити їх відповідність нормальному розподілу, для визначення того який критерій застосувати для знаходження їх кореляцій.

Для перевірки відповідності даних нормальному розподілу за критерієм Колмогорова-Смирнова [2, 214; 3] використаємо статистичний пакет SPSS. Далі наведені отримані результати.

**Таблиця 1.** Критерій Колмогорова-Смирнова перевірки відповідності рядів даних нормальному розподілу

Колмогорова-Смирнова			
	Статистика	ст.св.	Значимість
Y	,138	16	,200*
X <sub>1</sub>	,238	16	,016
X <sub>2</sub>	,182	16	,163
X <sub>3</sub>	,191	16	,120

На основі отриманого результату, ми можемо сказати, що не всі показники мають нормальний розподіл. Тому для подальшого обрахунку кореляцій, буде застосовуватись кореляція Спірмена [2; 4], так як вона не залежить від того чи є дані нормально розподіленими.

Використовуючи статистичний пакет SPSS обрахуємо парні кореляції Спірмена між показниками. Слід зауважити, що кореляції будуть обраховуватись лише за період, для якого наявні дані по показникам. Отримані результати наведено нижче:

**Таблиця 2.** Коефіцієнти парної кореляції між змінними

			Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
P <sub>0</sub>	Y	Коеф. кореляції	1,000	-,626**	-,761**	,488*
		Знач. (двостороння)	.	,003	,000	,029
Спірмена	X <sub>1</sub>	Коеф. кореляції	-,626**	1,000	,821**	-,278
		Знач. (двостороння)	,003	.	,000	,235
	X <sub>2</sub>	Коеф. кореляції	-,761**	,821**	1,000	-,537*
		Знач. (двостороння)	,000	,000	.	,015
	X <sub>3</sub>	Коеф. кореляції	,488*	-,278	-,537*	1,000
		Знач. (двостороння)	,029	,235	,015	.

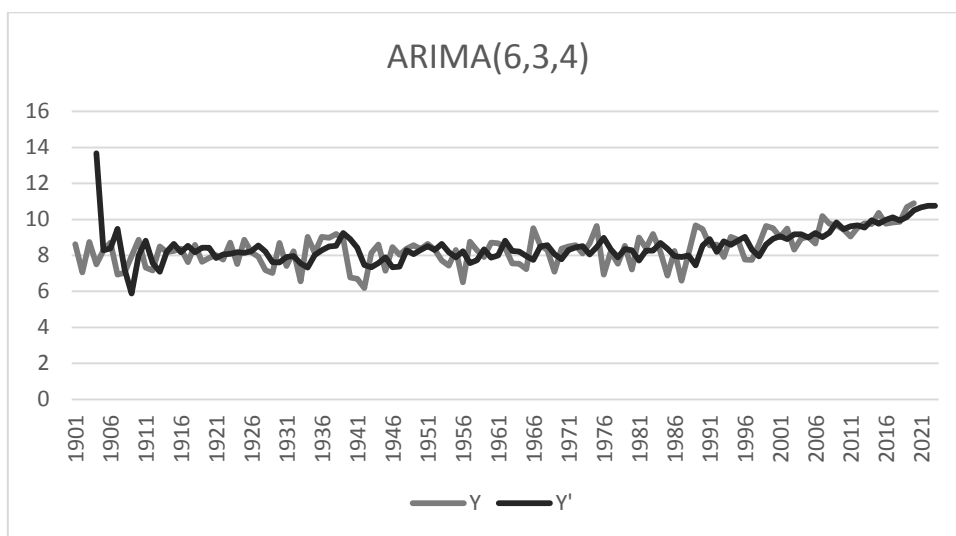
Проаналізуємо отримані результати. Як ми можемо бачити всі парні кореляції можна вважати значущими. Але, якщо розглянути самі значення коефіцієнтів кореляції, то виникають питання щодо їх змісту. Так наприклад, відомо що викиди вуглекислого газу, та інших парникових газів дійсно

пов'язані з підвищенням температури, але ми маємо від'ємні кореляції між цими показниками та температурою.

Є велика ймовірність того, що зв'язок між показником викидів вуглекислого газу та середньорічною температурою таки існує, але він має нелінійний характер. Це буде перевірено на основі того як вплине включення цих показників в якості незалежних змінних на якість побудованих моделей.

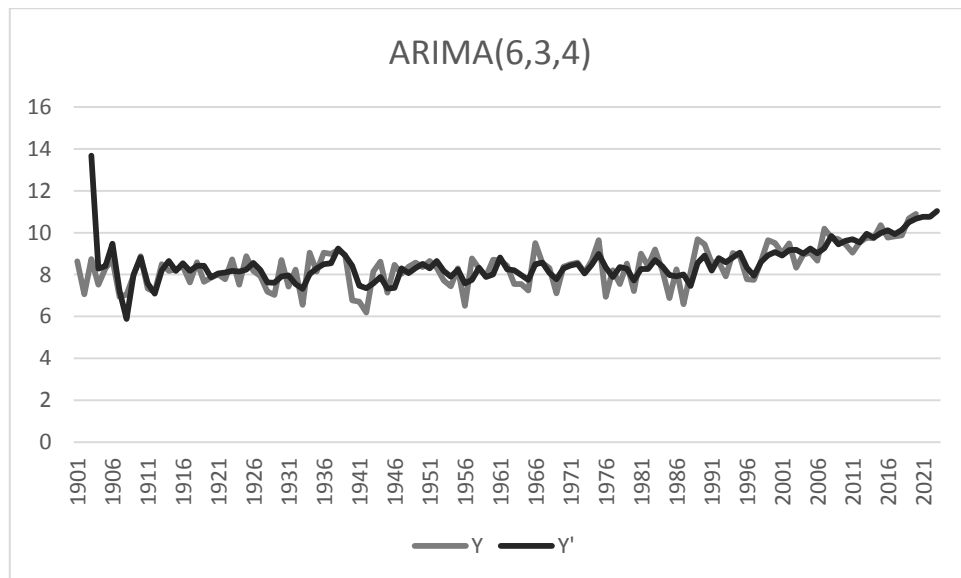
Враховуючи характер показників, недоцільно будувати звичайні лінійні регресійні моделі. Тому будуть використовуватися ARIMA моделі.

За допомогою статистичного пакету SPSS були побудовані ARIMA моделі з різними параметрами використовуючи всі наявні дані показника  $Y$ . Проаналізувавши ці моделі, було встановлено, що найкраще наближення для цього показника дає модель ARIMA (6,3,4) зі зміщенням на 1 рік. Для порівняння прогнозованих значень  $Y'$  зі зміщенням та без зміщення з емпіричними були побудовані наступні графіки (Рис.6 та Рис.7):



**Рис.6.** Емпіричні значення  $Y$  та прогнозовані  $Y'$  без зміщення





**Рис.7.** Емпіричні значення  $Y$  та прогнозовані  $Y'$  зі зміщенням

Враховуючи необхідність будувати наступні моделі використовуючи вибірку меншого розміру через обмеженість наявних даних для незалежних факторів, було побудовано модель з аналогічними параметрами, але на основі меншої кількості даних, для порівняння.

Використовуючи отримані моделі, були зроблені прогнози показника на 3 роки. Отримані прогнози наведено нижче (Табл. 3), для зручності прогноз для моделі зі зміщенням на 1 рік позначимо як  $Y''$ , а значення для моделі на основі меншої вибірки було позначено як  $Y'''$ .

**Таблиця 3.** Прогнозовані значення на основі моделі ARIMA (6,3,4)

Рік	Прогнозовані значення		
	$Y'$	$Y''$	$Y'''$
2021	10,67	10,75	10,98
2022	10,75	10,75	10,95
2023	10,75	11,03	11,19

Наступним кроком буде введення незалежних змінних, що впливають на  $Y$ , та побудова моделі з їх врахуванням. Порівнявши різні моделі, було встановлено, що найкраще наближення до емпіричних даних дає модель з

параметрами  $X_1(1,1,1)$ ,  $X_2(1,0,1)$ , а введення змінної  $X_3$  зробило неможливим побудування моделі, що добре би відповідала емпіричним даними, тому було прийняте рішення не вводити її в остаточну модель.

Для моделей показника  $Y$  з  $X_1$  та з  $X_1$  і  $X_3$  також були побудовані прогнози на 3 роки. Вони наведені в таблиці (Табл. 4) разом з прогнозом лише на основі  $Y$ , вибірки аналогічного розміру, для порівняння.

**Таблиця 4.** Прогнозовані значення з врахуванням факторів

Рік	Прогнозовані значення		
	$Y'''$	$YX_1$	$YX_1X_2$
2021	10,98	10,81	11,74
2022	10,95	11,03	11,93
2023	11,19	10,95	12,38

**Висновки та перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження.** Було визначено фактори які можуть впливати на динаміку зміни показника середньорічної температури в Україні. Була перевірена наявність впливу цих показників на середньорічну температуру в Україні за допомогою кореляцій. Були побудовані ARIMA моделі для показника середньорічної температури, без та з урахуванням виділених факторів впливу. Серед побудованих моделей, було прийнято як модель що найкраще описує емпіричні дані модель ARIMA(6, 3, 4) з параметрами передаточних функцій для факторів (1, 1, 1) для показника викидів вуглекислого газу та параметрами (1, 0, 1) для показника викидів парникових газів. Показник площі знищення лісів, не був включений до цієї моделі. Були спрогнозовані дані для 2021, 2022, 2023 років на основі 5 різних моделей. Перспективою подальшого дослідження є додання і включення до моделі інших показників що можуть впливати на показник середньорічної температури, з метою покращення моделі.

## Бібліографія

1. Hannah Ritchie and Max Roser (2020) - "CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions". *Published online at OurWorldInData.org*. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions' [Online Resource]
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
3. Лупан І.В., Авраменко О.В., Акбаш К.С. Комп'ютерні статистичні пакети: навчально-методичний посібник. 2-е вид. Кіровоград: «КОД», 2015. – 236 с.
4. Наконечний С.І., Терещенко Т.О., Романюк Т.П. Економетрія: Підручник. – Вид. 3-тє, доп. та перероб. – К.: КНЕУ, 2004. – 502 с.
5. Парникова Земля: життя під загрозою - попри зменшення викидів CO<sub>2</sub> [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-45116263>
6. Про вуглекислий газ та орбітальні цикли Землі. Чи існує глобальне потепління [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecoindustry.pro/avtorski-statti/pro-vuglekyslyy-gaz-ta-orbitalni-tykly-zemli-chy-isnuye-globalne-poteplinnya>