



Отримано: 06 березня 2022 р.

Прорецензовано: 20 березня 2022 р.

Прийнято до друку: 22 березня 2022 р.

e-mail: oleksandr.novoseletsky@oa.edu.ua

nataliia.horoshko@oa.edu.ua

DOI: 10.25264/2311-5149-2022-24(52)-138-143

Новоселецький О. М., Горошко Н. С. Моделювання впливу освіти та ВВП на рівень вакцинації населення. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія»*. Серія «Економіка»: науковий журнал. Острог: Вид-во НаУОА, березень 2022. № 24(52). С. 138–143.

УДК: 519.86+330.46

JEL-класифікація: C60; I0

ORCID-ідентифікатор: <https://orcid.org/0000-0003-3757-0552>ORCID-ідентифікатор: <https://orcid.org/0000-0002-0458-9962>**Новоселецький Олександр Миколайович,**

кандидат економічних наук, доцент кафедри економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій  
Національного університету «Острозька академія»

**Горошко Наталія Сергіївна,**

студентка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
Національного університету «Острозька академія»

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ОСВІТИ ТА ВВП НА РІВЕНЬ ВАКЦИНАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ**

У статті розглянуто пандемію COVID-19 як фактор впливу на розвиток світової економіки. Здійснено аналіз взаємозв'язку рівня вакцинації та основних макроекономічних показників, зокрема рівень освіти та ВВП на душу населення, серед 47 країн світу станом на грудень 2021 року. Запропоновано модель впливу освіти та ВВП на рівень вакцинації населення. Встановлено прямий зв'язок між рівнем вакцинації та індексом людського розвитку.

**Ключові слова:** вакцинація, ендогенність, коронавірус, рівень освіти.

**Oleksandr Novoseletsky,**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Economics of Mathematical Modeling department,  
The National University of Ostroh Academy

**Nataliia Horoshko,**

a first bachelor's degree student, The National University of Ostroh Academy

**MODELLING THE IMPACT OF EDUCATION AND GDP ON VACCINATION RATE**

The article notes the relationship between the economic growth and crisis caused by COVID-19. A comparison of world GDP growth rates since 1996 till 2020 is made. The main economic indicators in Ukraine are analyzed, the dynamics of which confirm the impact of COVID-19 pandemic on economic growth. The impact of the pandemic on small and medium-sized businesses is reflected. The dynamics of the global PMI indicator as an indicator that characterizes the state of the economy in the manufacturing sector is analyzed. Emphasis is placed on the role of vaccination in stabilizing world economies. Besides, the level of vaccination in Ukraine is analyzed in comparison with European countries. It is found that the highest level of vaccination is in Western Europe. The need for the analysis of high levels vaccination determinants is substantiated.

The purpose of the article is to analyze the association of COVID-19 vaccination rate and macro-socioeconomic measures, in particular gross domestic product and human development index, using a daily database of vaccinations for a sample of 47 countries over the period January 2020 to December 2021.

In order to largely capture the vaccination determinants, we also included population density, number of hospital beds, prevalence of diabetes, number of people of retirement age and life expectancy. Examining the regressors of vaccination rates, we find a strong effect of human development index. Identifying the problem of endogeneity in the model, we also find evidence of an unexpected impact of GDP per capita on vaccination rates through the level of education. Finally, the results confirm the hypotheses that education is relevant for campaign expansion, and financial strength of economies is forcing them to higher vaccination rates.

**Keywords:** vaccination, endogeneity, coronavirus, hdi.

**Постановка проблеми.** У 2020 році інфекційна коронавірусна хвороба (COVID-19) поширилася по всьому світу і вразила усі сфери економіки у світі. Однак, початок вакцинації дозволив полегшити певні карантинні обмеження, що, в свою чергу, прискорило стабілізацію національних економік. Проте, у деяких країнах темпи вакцинації залишаються на низькому рівні, що загрожує повільному відновленню економіки після коронакризи. Ризик значного посилення карантину в Україні та світі через зростання захворюваності на тлі низького рівня вакцинації в Україні може загрожувати суворішим локдауном і від-



повідно суттєвішим уповільненням економічної активності. Визначивши детермінанти темпів вакцинації, полегшиться процес прийняття рішень уряду для проведення успішної політики вакцинації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Оскільки висвітлена у роботі проблематика є відносно новою, кількість публікацій є недостатньою для формулювання гіпотез для тестування. Прогнозуванням глобального економічного зростання від успішності вакцинації займалась С.Джонсон [1]. Дослідженню факторів, що впливають на прийняття вакцин від коронавірусу присвятили роботи С.А.Боно, Е.Д.Моура Віллела [2]. Однак, з огляду на наявність праць, тісно пов'язаних з нашою проблематикою, безпосередньо зв'язку рівня освіти та ВВП на рівень вакцинації не приділено значної уваги. Це вказує на новизну нашого дослідження.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є знаходження шляхів підвищення рівня вакцинації в країні на основі результатів дослідження впливу рівня освіти та ВВП на цей показник.

Досягнення мети є можливим за умови виконання таких завдань:

- сформулювати масив даних;
- оцінити вплив рівня освіти та ВВП на рівні вакцинації;
- інтерпретувати результати та сформулювати рекомендації щодо підвищення рівня вакцинації.

**Виклад основного матеріалу.** Пандемія коронавірусу перетворилася на історичний соціально-економічний виклик 2020 року з суттєвими наслідками. Пандемія порушила життя в усіх країнах і негативно вплинула на глобальне економічне зростання у 2020 році, що спостерігалось протягом майже століття. Початок пандемії призвів до зниження рівня економічної діяльності в усьому світі, що було зумовлено обмеженнями в мобільності для зупинення поширення хвороби. Протягом кількох десятиліть світ не був свідком такого досвіду [3].

Криза охорони здоров'я не лише спричинила трагічно велику кількість втрат людських життів, але й завдала важкого удару по економічній активності. Її масштаб і швидкість скорочення були неординарними. Зростання побоювань і глобальна економічна зупинка спричинили захоплення фінансових ринків і їх різке падіння. В усьому світі фондові ринки впали зі своїх рекордних максимумів і повідомили про найбільше тижневе падіння з часів глобальної фінансової кризи 2008 року (GFC).

Міжнародний валютний фонд (МВФ) назвав економічну кризу, спричинену COVID-19, «Великим локдауном» (англ. *Great Lockdown*). Порівнюючи річний темп зростання світового ВВП (рис.1), економічне зростання у 2020 році сповільнилось на 5,97% у річному вимірі, що робить «Великий локдаун» найгіршою рецесією з часів Великої Депресії, і набагато гіршою ніж Глобальна фінансова криза, за якої зростання сповільнилось лише на 3,3%.



Рис. 1. Темп зростання світового ВВП (1996-2020), % [5]

Глобальна коронавірусна криза суттєво вплинула на розвиток людства, і цей вплив посилюється. Вперше з часів Великої депресії як країни з розвинутою економікою, так і країни, що розвиваються, перебували у рецесії [4].

Вплив пандемії COVID-19 на економічне зростання України теж був значним. Національний банк України повідомив про зниження реального ВВП на 4% у 2020 році в порівнянні з допандемічними оцінками зростання ВВП на 3,5% за цей період. Зниження виробництва було викликано впровадженням жорстких заходів охорони здоров'я в Україні та за кордоном, ослабленням внутрішнього попиту, різким падінням рівня торгівлі та інвестицій [6]:

Індекс споживчих настроїв знизився з 92,2% у грудні 2019 року до 60,7% у січні 2021 року [7];



Зовнішньоторговельний оборот впав приблизно на 7,5%;

НБУ повідомив про рекордний чистий відтік прямих іноземних інвестицій (FDI) з України в 868,2 млн доларів США у 2020 році порівняно з чистим притоком FDI у 5833 млрд доларів США у 2019 році [8];

У 2020 році валове нагромадження основного капіталу (GFCF) скоротилося на 24,4% [9].



Рис. 2. Світовий PMI (2015-2021 рр.) [10]

Основний економічний удар пандемії взяли на себе представники малого та середнього бізнесу. Введені карантинні обмеження спричинили сповільнення ділової активності у кожній країні (рис.2). Відомо, що динаміка показника індексу ділової активності (PMI – Purchasing Managers' Index) характеризує стан економіки у виробничому секторі та є ефективним інструментом макроекономічного прогнозування завдяки сильній кореляції з макроекономічними показниками (промислове виробництво, ВВП). У квітні 2020 року спостерігалось посилення падіння темпів світового виробництва – вони знизилися до 41,7 на тлі ескалації пандемії. Це призвело до закриття підприємств, зупинки виробництв, падіння попиту та затримок у поставках.

Як наслідок, це послугувало причиною підвищення цін і сприяло розгортанню інфляційних процесів. Підприємства були змушені зменшувати свої витрати: зупиняти свою діяльність, скорочувати персонал, що збільшувало частку безробітних та спричинило одну з найгірших криз у сфері зайнятості. Стримуючим фактором можна вважати швидку адаптацію до нових умов шляхом переходу на дистанційну форму роботи. Однак до четвертого кварталу 2020 року безробіття в Україні зросло до 10%, перевищивши рівень безробіття в країнах ОЕСР, зокрема, в таких як Польща, Литва, Чехія. Сплеск безробіття став наслідком листопадової хвилі COVID-19 в Україні, коли підприємства скоротили робочу силу у відповідь на плани уряду посилити заходи охорони здоров'я.

Протягом двох років після початку пандемії, COVID-19 залишається актуальною проблемою, створюючи нові виклики для економік світу. Успішне створення вакцин відіграло ключову роль у початку стабілізації після суттєвого шоку. Однак, світ розшарувався на дві категорії: в одних країнах вакцинація проходить успішно, а в інших – високий рівень недовіри до щеплень.

Не менш важливим є аналіз рівня вакцинації в Україні, порівняно з іншими країнами Європи (рис. 3). Можемо побачити, що наприкінці 2021 року рівень щеплень в Україні є одним із найнижчих, незважаючи на грошову підтримку від уряду за проходження повного курсу щеплення від коронавірусу, запроваджену в цей період.

Проаналізувавши статистику на графіках, можемо помітити, що у країнах Західної Європи частка населення, яке пройшло повний курс щеплень від COVID-19, є вищим. Таким чином, є потреба в аналізі детермінант високого рівня вакцинації.

Кількість наукових публікацій, що досліджують дану проблематику, є недостатньою для вибору пряму досліджень через волатильність явища. Проте, ми можемо висунути основні гіпотези в даному дослідженні:

H0: відсутність зв'язку між факторними та результативною ознаками.

H1: наявність зв'язку між факторними та результативною ознаками.

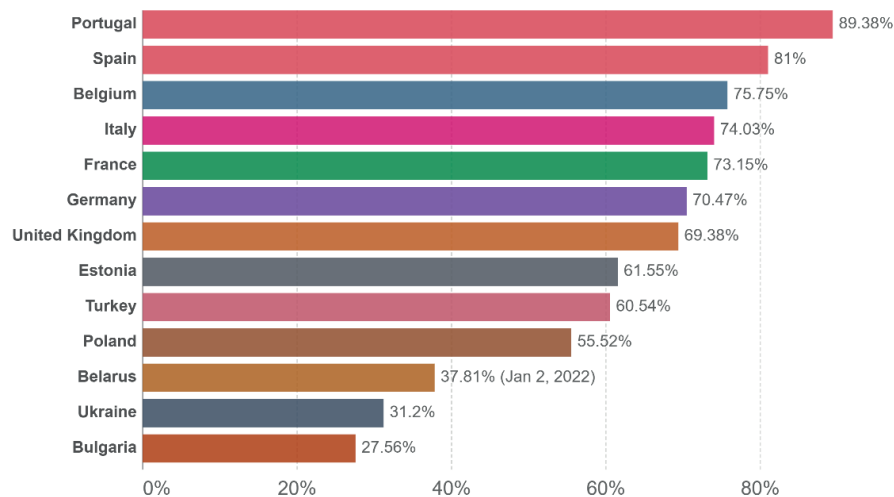


Рис. 3. Частка повністю вакцинованого населення у країнах Європи станом на 29.12.2021 р. [11]

За результуючу змінну у нашому дослідженні на просторових даних було обрано кількість вакцинованих на 100 осіб – *vac*. Фактори, що характеризують обрану залежну змінну, є такі:

- *pd* – густина населення (км<sup>2</sup>);
- *gdp* – ВВП на душу населення (USD);
- *diab* – поширеність цукрового діабету (% населення віком 20-79 років);
- *hosp* – кількість лікарняних ліжок на 1000 осіб (шт.);
- *le* – середня тривалість життя (роки);
- *hdi* – індекс людського розвитку;
- *aged\_65* – частка людей, які старші 65 років (%).

Для проведення дослідження джерелом, в якому агреговані та зібрані усі необхідні світові дані, є Our World In Data [11]. У даному наборі даних використовуються найновіші офіційні дані урядів та міністерств охорони здоров'я у всьому світі.

Для вибору пояснюючих змінних проведено тест на відмінність двох підвбірок на основі середніх за допомогою Т-тесту та тесту Манна-Уїтні, та отримано такі статистично значимі результати. Так, середній рівень вакцинації для країн:

- з меншим рівнем ВВП на душу населення значно менший ніж для інших з рівнем значимості 1% ( $|t| = 3,56$ ) – позитивний зв'язок;
- з меншою тривалістю життя є меншим з рівнем значимості 1% ( $|t| = 4,25$ ) – позитивний зв'язок;
- з меншим рівнем освіти є значно меншим ніж для інших з рівнем значимості 1% ( $|t| = 5,12$ ) – позитивний зв'язок;
- з меншою кількістю людей похилого віку є меншим ніж для інших з рівнем значимості 10% ( $|t| = 1,87$ ) – позитивний зв'язок.

Як бачимо, такі фактори, як поширеність цукрового діабету (*diab*), густина населення (*pd*), кількість лікарняних ліжок на 1000 осіб (*hosp*), не мають значимий вплив на результуючу змінну. Проте, не потрібно поспішати із висновками, оскільки можлива наявність інших проблем, таких як мультиколінеарність, ендогенність тощо.

Для виявлення лінійних взаємозв'язків між показниками використано кореляційну матрицю, у результаті побудови якої було виявлено наявність мультиколінеарності. Сильну позитивну лінійну кореляцію мають такі фактори:

- рівень освіти та ВВП на душу населення ( $0.8655 > 0.7$ );
- рівень освіти і тривалість життя ( $0.7866 > 0.7$ ).

Наявність мультиколінеарності може негативно вплинути на результати регресії. Однак після проведення VIF-тесту, що оцінює рівень завищеної оцінки дисперсії регресії, ступінь лінійної залежності між факторами моделі є прийнятними.

Протестувавши різні функціональні форми за допомогою RESET тесту на специфікацію та на гетероскедастичність, кращою виявилась лінійно-логіфічна функція (скоригований  $R^2 = 0,54$ ): ми приймаємо нульову гіпотезу про правильність специфікації та відсутність пропущених суттєвих змінних, та про



гомоскедастичність залишків. Таким чином, залишки нормально розподілені зі сталою дисперсією, що не корелюють між собою, а оцінки є незміщеними. Рівняння матиме вигляд:

$$vac = -1109.34 + 91.57 \ln(hdi) + 44.82 \ln(gdp1) + 213.54 \ln(le) - 7.84l\_aged\_65 + \varepsilon \quad (1)$$

Інтерпретувати результати ми можемо наступним чином:

- зі збільшенням індексу людського розвитку на 1%, кількість вакцинованих на 100 осіб збільшується на 0,92 особи з рівнем значимості 10% ( $t = 1.78$ );
- зі збільшенням ВВП на душу населення на 1%, кількість вакцинованих на 100 осіб збільшується на 0,45 осіб з рівнем значимості 1% ( $t=3.16$ );
- зі збільшенням тривалості життя на 1%, кількість вакцинованих на 100 осіб збільшується на 2,14 особи з рівнем значимості 1% ( $t=3.28$ );
- у випадку наявності більше середнього у світі людей пенсійного віку, кількість вакцинованих на 100 осіб зменшується на 7,84 особи з рівнем значимості 10% ( $|t| = 1.78$ ).

Як було виявлено попередньо, в моделі присутня мультиколінеарність. Однією з причин є наявність ендогенних змінних. Для перевірки ендогенності підозрюваного регресора серед наших пояснюваних змінних ми використовуємо тест Хаусмана. Дана процедура є способом емпірично перевірити, чи є пояснювана змінна ендогенною чи ні. За ендогенні та інструментальні змінні вважатимемо ті, які сильно корелюють між собою:  $\ln\_hdi$ ,  $\ln\_le$ ,  $\ln\_gdp1$ .

За проведеними тестуваннями, ендогенною виявилась змінна, що пояснювала рівень освіти. У результаті перевірки значимості припущених нами інструментів (ВВП на душу населення та тривалість життя), припущення щодо рівня їх пояснювальної здатності підтвердились: висока F-статистика ( $F = 217$ ) та значимість цих змінних ( $t > 3.3$ ). Інтерпретуємо отримані оцінки:

- зі збільшенням ВВП на душу населення на 1%, рівень освіти в країні збільшується на 0,18% з рівнем значимості 1%;
- зі збільшенням тривалості життя на 1%, рівень освіти збільшується на 0,72% з рівнем значимості 1%.

Для оцінки параметрів моделі використовуємо метод інструментальних змінних (двокроковий метод найменших квадратів). Інструментальні змінні виявились обґрунтованими, підтвердилась ендогенність змінної  $\ln\_hdi$  та правильність специфікації моделі, ефективність оцінок якої підтвердилась. Про це свідчать наступні результати проведених тестів:

- 1) Статистика Сарджана ( $H_0$ : інструменти обґрунтовані):  $p$ -value = 0.4645 (приймаємо  $H_0$ );
  - 2) Тест на ендогенність ( $H_0$ : змінна екзогенна):  $p$ -value = 0.0010 (відхиляємо  $H_0$  з рівнем значимості 1%);
  - 3) RESET ( $H_0$ : правильна специфікація):  $p$ -value = 0.2105 (приймаємо  $H_0$ );
  - 4) Тест на гетероскедастичність ( $H_0$ : присутня гомоскедастичність):  $p$ -value = 0.4114 (приймаємо  $H_0$ ).
- Остаточна система рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{cases} vac = 88.87 + 221.42 * \ln\_hdi - 15.95 * l\_aged\_95 + \varepsilon \\ \ln\_hdi = -4.18 + 0.17 * \ln\_gdp + 0.72 * \ln\_le + \varepsilon \end{cases} \quad (2)$$

Модель дала неочікувану відповідь на питання, чи ВВП на душу населення та тривалість життя є причинами чи наслідками певного рівня освіти. Тим не менш, наше дослідження показує, що саме рівень освіти впливає сильніше на темпи вакцинації. Це означає, що особи з вищим рівнем освіти приймають більш зважене рішення пройти курс вакцинації та менше піддаються дезінформації щодо негативних наслідків.

**Висновки.** Ринкове середовище є чутливим до змін, які носять масовий характер, адже це зумовлює зміну поведінки гравців на ринку та адаптації до нових правил гри. Пандемія COVID-19 внесла суттєві корективи в стратегічні плани розвитку основних векторів кожної держави, зокрема, що стосується і вектору безпеки. Взяття під контроль та зупинка поширення коронавірусу стали основними цілями. Вакцинація населення дозволила певним чином цього досягти. У дослідженні ми підтвердили гіпотезу про сильний та статистично значимий вплив індексу людського розвитку та рівня ВВП на душу населення на кількість вакцинованих в країні.

На основі масиву даних макроекономічних показників по 47 країнам та аналізу підходів до дослідження обраної проблематики було побудовано економетричну модель, згідно якої ми можемо стверджувати, що зі збільшенням ВВП на душу населення та середньої тривалості життя на 1%, рівень освіти в країні збільшується на 0,17% та 0,72% відповідно. Тим не менш, зі збільшенням індексу людського розвитку на 1%, кількість вакцинованих (у розрахунку на 100 осіб) збільшується на 2,21 особи. Нам вдалося дослідити



ендогенність одного з суттєвих факторів, а саме рівень освіти, що є досить неочікуваним результатом. Проте, низьку значущість ознак для моделі показали кількість лікарняних ліжок на 1000 осіб та поширеність цукрового діабету серед населення країни.

Таким чином, зважаючи на високу якість отриманих результатів, запропоновані моделі можуть бути використані для прийняття рішень в процесі формування політики вакцинації населення.

### Література:

1. Johnson, S. Global economic growth depends increasingly on COVID-19 vaccination progress. *IHS MARKIT*. 2021. <<https://ihsmarkit.com/research-analysis/global-economic-growth-depends-covid19-vaccine.html>> (2021, November 10). [in English].
2. Bono, S. A., Moura Villela, E. F. Factors Affecting COVID-19 Vaccine Acceptance: An International Survey among Low- and Middle-Income Countries. *NCBI*. 2021. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8157062/>> (2021, November 10). [in English].
3. World Bank Group. The Global Economic Outlook During the COVID-19 Pandemic: A Changed World. *World Bank*. <<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2020/06/08/the-global-economic-outlook-during-the-covid-19-pandemic-a-changed-world>> (2022, January 10). [in English].
4. COVID-19 and Human Development: Assessing the Crisis, Envisioning the Recovery. *Human Development Perspectives*. *UNDP*. 2020. [http://hdr.undp.org/sites/default/files/covid-19\\_and\\_human\\_development\\_0.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/covid-19_and_human_development_0.pdf) [in English] (2022, January 12).
5. GDP growth (annual %). *World Bank Open Data*. <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>> (2022, January 12). [in English].
6. Національний банк України. Коментар Національного банку щодо зміни реального ВВП у 2020 році. *Національний банк України*. URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/komentar-natsionalnogo-banku-schodo-zmini-realnogo-vvp-u-2020-rotsi> (дата звернення: 12.01.2022).  
Natsionalnyi bank Ukrainy. Komentar Natsionalnogo banku shchodo zminy realnogo VVP u 2020 rotsi [National Bank of Ukraine. Comment of the National Bank on changes in real GDP in 2020]. Natsionalnyi bank Ukrainy [National Bank of Ukraine]. <<https://bank.gov.ua/ua/news/all/komentar-natsionalnogo-banku-schodo-zmini-realnogo-vvp-u-2020-rotsi>> (2022, January 12). (in Ukrainian).
7. Національний банк України. Інфляційний звіт, квітень 2021 року. *Національний банк України*. URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiyniy-zvit-kviten-2021-roku> (дата звернення: 12.01.2022).  
Natsionalnyi bank Ukrainy. Infliatsiyniy zvit, kviten 2021 roku [National Bank of Ukraine. Inflation Report, April 2021]. Natsionalnyi bank Ukrainy [National Bank of Ukraine]. <<https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiyniy-zvit-kviten-2021-roku>> (2022, January 12). (in Ukrainian).
8. Дані статистики зовнішнього сектору. *Національний банк України*. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-external/data-sector-external#1> (дата звернення: 12.01.2022).  
Dani statystyky zovnishnoho sektoru [External sector statistics]. Natsionalnyi bank Ukrainy [National Bank of Ukraine]. <<https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-external/data-sector-external#1>> (2022, January 12). (in Ukrainian).
9. Валове нагромадження основного капіталу в розрізі видів нефінансових активів. *Держстат України*. URL: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/vvp/kkv\\_vvp/kkv\\_vvp\\_u/arh\\_vn\\_ok2020\\_u.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/vvp/kkv_vvp/kkv_vvp_u/arh_vn_ok2020_u.htm) (дата звернення: 12.01.2022).  
Valove nahromadzhennia osnovnogo kapitalu v rozrizi vydiv nefinansovykh aktyviv [Gross fixed capital formation in terms of types of non-financial assets]. Derzhstat Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. <[http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/vvp/kkv\\_vvp/kkv\\_vvp\\_u/arh\\_vn\\_ok2020\\_u.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/vvp/kkv_vvp/kkv_vvp_u/arh_vn_ok2020_u.htm)> (2022, January 12). (in Ukrainian).
10. Purchasing Managers' Index (PMI). *IHS Markit*. <<https://ihsmarkit.com/products/purchasing-managers-index-pmi-data-lake.html>> (2022, January 10). [in English].
11. Our World in Data [Веб-сайт]. <<https://ourworldindata.org/covid-vaccinations>> (2021, December 25). [in English].