

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КИЇВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Економічний факультет  
Кафедра статистики, інформаційно-аналітичних систем і демографії

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА  
СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ НАСЕЛЕННЯ В  
КРАЇНАХ СХІДНОЇ ЄВРОПИ**

Студентки II курсу  
спеціальності 051 Економіка  
за освітньо-науковою  
програмою  
«Економічна аналітика та  
статистика»  
денної форми навчання  
Катерини ГАРБОЗІЮК

---

(підпис)

Науковий керівник:  
канд. екон. наук, доцент  
Ольга МАЗУРЕНКО


---

(підпис)

Роботу допущено до захисту на засіданні ЕК рішенням кафедри статистики,  
інформаційно-аналітичних систем і демографії, протокол № 10 від «04» травня  
2023 року

Завідувач кафедри

Наталія КОВТУН

  
Київ – 2023

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить 65 с., 8 рис., 15 табл., 28 джерел, 2 додатки.

**Ключові слова:** водозабезпеченість, індикатори водної безпеки, метод головних компонент, ступінь залежності країни, економічне навантаження на водні ресурси, регресійна модель, панельні дані, водоемність.

**Предмет дослідження:** теоретико-методологічні засади статистичного аналізу водозабезпеченості населення, водоемність валового регіонального продукту в межах басейну, основні фактори її формування та шляхи зниження.

**Об'єкт дослідження:** європейські країни та вісім областей України, територією яких протікає річка Дніпро (Чернігівська, Київська, Черкаська, Полтавська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська), м. Київ.

**Мета дослідження:** статистичний аналіз водозабезпеченості населення в країнах східної Європи та оцінка ефекту впливу на водоемність валового регіонального продукту (ВРП) технологічних процесів водопостачання і галузевої спеціалізації виробництва.

**Методи дослідження:** метод головних компонент, метод регресійного аналізу.

**Наукова новизна, практична значимість дослідження:** проведена агрегована оцінка водозабезпеченості населення країн Європи, побудова регресійна модель водоемності ВРП у басейні Дніпра на основі панельних даних, виявлені фактори, що впливають на рівень використання водних ресурсів.

**Практична цінність:** побудована узагальнена, агрегована оцінка водозабезпеченості населення країн Європи з використанням метода головних компонент допомагає найповніше врахувати особливості взаємозв'язків між показниками, які характеризують водозабезпечення населення, одержати кількісну оцінку латентних показників й належно інтерпретувати результати, регресійна модель водоемності ВРП в басейні Дніпра оцінює ефекти галузевої

спеціалізації водоспоживачів та технічних систем водопостачання.

## RESUME

Taras Shevchenko National University of Kyiv  
Faculty of Economics, Department of Statistics and Demography

**Key words:** water supply, water security indicators, principal component method, country's degree of dependence, economic pressure on water resources, regression model, panel data, water capacity.

The subject of the research: the theoretical and methodological foundations of the statistical analysis of the water supply of the population, the water capacity of the gross regional product within the basin, the main factors of its formation and the ways of its reduction.

The purpose of the research is statistical analysis of the water supply of the population in the countries of Eastern Europe and assessment of the effect of water supply technological processes and sectoral specialization of production on the water capacity of the gross regional product (GRP).

Research contains: 65 pages, 8 fig., 15 tables, 28 bibliog., 2 append.

## ЗМІСТ

<b>С.</b>	
<b>ВСТУП</b> .....	<b>6</b>
<b>1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ НАЯВНОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ</b> .....	<b>9</b>
1.1 Водні ресурси як об’єкт статистичного дослідження .....	9
1.2 Статистичні індикатори водної безпеки .....	16
<b>2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ НАСЕЛЕННЯ</b> .....	<b>30</b>
2.1 Водозабезпеченість населення як об’єкт статистичного моделювання .....	30
2.2 Порівняльний аналіз водозабезпечення населення за країнами європейського регіону.....	40
<b>3. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ НАЯВНОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ</b> .....	<b>52</b>
3.1 Статистичне оцінювання динаміки рівня використання і відведення водних ресурсів України .....	52
3.2 Регіональний аналіз водоспоживання .....	57
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>64</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>69</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>69</b>

## ВСТУП

Серед природних ресурсів вода посідає особливе місце. Вона є найпоширенішим та одночасно одним із найважливіших компонентів навколишнього природного середовища. Вода — це не лише комерційний продукт, а й загальне благо та обмежений ресурс, який потрібно захищати та використовувати раціонально як з точки зору якості, так і кількості. На сьогодні однією з глобальних проблем є дефіцит прісноводних ресурсів, оскільки дані ресурси знаходяться під тиском низки факторів: географічних, демографічних, економічних, антропогенних. Зростання чисельності населення планети, урбанізація, інтенсифікація землеробства та створення нових водозатратних виробництв, зміна стандартів життя і харчових раціонів, збільшують навантаження на обмежені ресурси прісної води. Відтак поступово зменшується водозабезпеченість населення, в окремих регіонах планети доступні прісноводні ресурси не спроможні задовольнити всі потреби споживачів, під загрозою виявляються наземні екосистеми, безпека і здоров'я людей [2]. Використання водних ресурсів потребує їх постійної адекватної оцінки.

Актуальністю теми є те, що на нашій планеті запаси прісної води зазнають величезного навантаження через збільшення чисельності населення, постійно зростаючого попиту на воду та масштабного забруднення водних ресурсів. В Європі незважаючи на значну питому водозабезпеченість поверхні душова водозабезпеченість лише 4,7 тис. м<sup>3</sup> на людину у рік, і це серед інших частин світу – одна з найнижчих. Запаси води в залежності від природних факторів, формування стоків і щільності населення в регіоні дуже сильно коливаються, оскільки здійснюються високі обсяги водозабору на водопостачання населених пунктів, промислових об'єктів, зрошуваних угідь, а також прогресує забруднення поверхневих водойм та підземних горизонтів. Близько 360 км<sup>3</sup> чистих вод в рік забирає сучасне господарство європейських країн з водойм

для потреб промисловості, сільського господарства, водопостачання міст і сільських поселень. За останнє століття зростання населення та розвиток економіки призвели до значного збільшення обсягів використання води: з початку століття кількість забраної води збільшилася в 19 разів [6].

Мета даної роботи – статистичний аналіз водозабезпеченості населення в країнах східної Європи та оцінка ефекту впливу на водоемність валового регіонального продукту (ВРП) технологічних процесів водопостачання і галузевої спеціалізації виробництва.

Об'єкт дослідження – європейські країни та вісім областей, територією яких протікає річка Дніпро (Київська, Чернігівська, Полтавська, Черкаська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська), м. Київ.

Предмет дослідження – теоретико-методологічні засади статистичного аналізу водозабезпеченості населення, водоемність валового регіонального продукту в межах басейну, основні фактори її формування та шляхи зниження.

Основні завдання, що вирішуються в роботі:

- розгляд теоретичних основ статистичного дослідження показників стану та використання водних ресурсів;
- розгляд актуальних міжнародних і національних проблем у сфері використання водних ресурсів;
- характеристика системи статистичних показників, індикаторів (індексів) стану та оцінки водокористування;
- розгляд методологічних засад оцінювання та компаративного аналізу методом головних компонент;
- побудова узагальненої, агрегованої оцінки водозабезпечення населення;
- порівняльний аналіз водозабезпечення населення за країнами європейського регіону;
- статистичний аналіз наявності та використання водних ресурсів України;
- побудова регресійної моделі водоемності валового регіонального продукту у басейні Дніпра.

В економічній літературі приділяється значна увага забезпеченню країни природними ресурсами, а особливо – водними. Теоретичною основою роботи слугували дослідження багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених та практиків. Так, вивченням забезпечення та використання водних ресурсів займались: О. Балацький, В. Данилко, Н. Закорчевна, В. Мандзик, О. Маценко, Л. Мельник, гідролог Дж. Родд, Ф. Руденко, М. Хвесик, В.М., В. Шестопапов, І. Шумигай, О. Яроцька, Д. Ярошевський, А. Яцик та ін.

В роботі використано дані за 2019 рік глобальної інформаційної системи ФАО з водних ресурсів та використання води в сільському господарстві AQUASTAT, а також дані офіційної статистики з наступних щорічників: «Статистичний щорічник України» та збірник «Довкілля» за 2015-2021 рр.

Результати дослідження пройшли апробацію на двох міжнародних науково-практичних конференціях: XIX Міжнародна науково-практична конференція з нагоди Дня працівників статистики «Банчмаркетинг навантаження на водні ресурси в країнах Східної Європи» (Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2021); 7th ISPC «Current Issues and Prospects for The Development of Scientific Research» стаття «Статистичне моделювання водозабезпеченості населення в країнах Європи» (19-20 квітня, 2023; Орлеан, Франція), а також опубліковані у тезах та статті, що містяться у матеріалах вищезгаданих конференцій.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

# **1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ НАЯВНОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

## **1.1 Водні ресурси як об'єкт статистичного дослідження**

Новітні глобальні виклики XXI століття зумовлюють підвищену увагу до питання ресурсного забезпечення та його структури. Ресурсна складова є основою національного багатства кожної країни, прийнятні показники та характеристики якого на сьогодні виступають гарантом функціонування держави, незалежно від глобального несприятливого фону [16]. Водні ресурси – це важливий елемент природного капіталу в системі національного багатства.

Одним із найдорогоцінніших скарбів планети є вода. Їй надана подвійна роль у житті людства. Перша – носій життя, саме вона формує умови для відтворення, розвитку та існування всіх живих організмів, самої людини та природного середовища в цілому. Друга роль – використання води як природної сировини, як елемента виробничих відносин, складовою технологічних процесів у виробництві багатьох видів продукції, майже в усіх галузях господарської діяльності людини. А також вона відіграє фундаментальну роль у циклі регулювання клімату.

Вода відіграє важливу роль у сталому розвитку суспільства та є одним із пріоритетних елементів для забезпечення сталого функціонування країни. Цей ресурс можна з повною впевненістю віднести до унікальних та ключових, оскільки він є невід'ємною складовою економічного кругообігу та інтегрується у більшість сфер функціонування. Він є фактором розміщення продуктивних сил та має велике значення для життєзабезпечення населення. Зміни в освоєнні та використанні водних ресурсів впливають на коригування політики водного середовища з боку осіб, які приймають рішення.

Поняття водні ресурси охоплює всі водні джерела на нашій планеті, що знаходяться в вільному, хімічно незв'язаному стані. Вони можуть складатися з

вод Світового океану, поверхневих вод (наприклад, річок, озер, водосховищ, ставків) та підземних вод суходолу, а також вод, які містяться у льодовиках, заболочених і перезволожених ґрунтах та атмосфері [22]. У більш вузькому розумінні, водні ресурси включають поверхневі та підземні водні джерела на певній території та акваторії, які можна використовувати у сільськогосподарському та промисловому виробництві, а також для задоволення комунально-побутових потреб населення.

У той час як кількість прісної води на планеті залишалася досить сталою з плином часу — постійно проходила свій цикл через атмосферу та поверталася назад — населення вибухнуло. Це означає, що з кожним роком конкуренція за чисту, необмежену кількість води для пиття, приготування їжі, купання та підтримання життя посилюється. Дефіцит води є абстрактним поняттям для багатьох і суворою реальністю для інших.

Вода займає 70% нашої планети, і легко подумати, що її завжди буде вдосталь. Однак прісна вода — та річ, яку ми п'ємо, купаємося, зрошуємо поля на фермі — зустрічається неймовірно рідко — лише 2,5% води у світі. Найбільш потрібні для людини запаси прісної води складають лише 35 млн км<sup>3</sup> (основні її запаси знаходяться у вигляді льодовиків та сніжного покриву), і це при наявності на нашій планеті понад 1,3 млрд км<sup>3</sup>.

У результаті понад 2 мільярди людей живуть у країнах, які відчувають нестачу води, а 3,6 мільярда людей стикаються з недостатнім доступом до води щонайменше один місяць на рік. Тим часом небезпеки, пов'язані з водою, почастишали за останні 20 років. З 2000 року кількість стихійних лих, пов'язаних із повеннями, зросла на 134%, а кількість і тривалість посух також зросла на 29%.

Через географію, клімат, інженерію, регулювання та конкуренцію за ресурси деякі регіони здаються відносно забезпеченими прісною водою, тоді як інші стикаються з посухою та виснажливим забрудненням. У більшості країн, що розвиваються, чисту воду або важко знайти, або вона є товаром, для отримання якого потрібні гроші.

Сучасне використання водних ресурсів перевершує за масштабами і темпами зростання всі найбільш інтенсивні процеси освоєння природних ресурсів. Загальний світовий вжиток прісної води в тисячу разів перевищує рівень вжитку всіх разом узятих видів промислової сировини і за одну добу досягає  $10 \text{ км}^3$ , що дорівнює річному видобутку всіх видів корисних копалин.

За даними ООН, за останнє століття споживання води зросло більш ніж вдвічі швидше за зростання населення. Багато водних систем, які забезпечують процвітання екосистем і живлять зростаючу популяцію людей, зазнали стресу [7]. Річки, озера висихають або стають занадто забрудненими для використання. Більше половини водно-болотних угідь світу зникли. Сільське господарство споживає більше води, ніж будь-яке інше джерело, і витрачає значну її частину через неефективність. Зміна клімату змінює погодні умови та стан води в усьому світі, спричиняючи дефіцит і посухи в одних регіонах і повені в інших. Проблема, з якою ми зараз стикаємося, йдучи в майбутнє, полягає в тому, як ефективно зберігати, управляти та розподіляти воду, яку ми маємо [3].

Вода – це унікальний тип економічного блага. Джерелами прісної води є як поновлювані, так і непоновлювані ресурси, як природні ресурси, так і штучно створені, за допомогою використання сучасних технологій опріснення.

Характеристикою води є плинність, що створює додаткові складності у визначенні прав власності. Вода не утилізується повністю в процесі споживання, що створює зовнішні ефекти, пов'язані зі зворотніми потоками. Цей ресурс характеризується високою мінливістю, як величини пропозиції, так і якості. Інвестиційні проекти в сфері водопостачання, з одного боку, вимагають великих вкладень і демонструють економію на масштабі, а, з іншого боку, часто мають характеристики суспільного блага.

У міру зростання світової економіки збільшуються потреби в прісній воді, і одночасно має місце виснаження і забруднення природних джерел. Ця тенденція зумовила безліч досліджень щодо оцінки водних ресурсів. Окремою проблемою є тимчасовий дисбаланс між попитом і пропозицією води, що

виникає, наприклад, у разі посухи. Подібний дисбаланс в умовах ринкових відносин усувається за рахунок підвищення ціни на ресурс, хоча у більшості країн тарифи на воду регулюються урядом [10].

Забезпеченість водними ресурсами є визначальним фактором для життєзабезпечення та сталого розвитку суспільства, оскільки вода забезпечує три ключові функції, необхідні для людства: виробництво харчових продуктів, виробництво енергії та промислових товарів, а також задоволення потреб населення у воді для побутових цілей [14]. Доступ до надійного і незабрудненого джерела прісної води залежить від того, як вода зберігається, розподіляється і використовується.

Вода використовується як носій тепла для обігріву різних типів будівель, включаючи житлові, виробничі, навчальні та адміністративні приміщення. Крім того, вода є важливим елементом для відпочинку, туризму, спорту та лікування населення. Значення води для людини надзвичайно велике, оскільки організм людини складається з водних розчинів, колоїдів, суспензій та інших складних водних систем. Вода доставляє в клітини організму живильні речовини (вітаміни, мінеральні солі) і відносить відходи життєдіяльності. Також вода відіграє важливу роль у процесах терморегуляції (через потовиділення) та дихання (людина не може дихати довго в абсолютно сухому повітрі). Для забезпечення нормальної роботи всіх систем організму людині необхідно щодня споживати принаймні 1,5 літра води. Однак, за прогнозами Всесвітнього Банку, до середини XXI століття до 40% населення Землі стикнеться з проблемою дефіциту води, а 20% будуть страждати від її нестачі. Особливо це стосується Північної та Східної Африки, Близького Сходу, Південної Європи і Центральної Азії, де недостача водних ресурсів поєднується зі значним попитом на них. Відповідно до даних ООН, майже 2 мільярди людей в даний час стикаються з нестачею прісної води, а 120 мільйонів мешканців Європейського регіону не мають доступу до чистої питної води та адекватних санітарно-технічних засобів. Однак, не лише багато регіонів земної кулі страждають від дефіциту води та посухи. Останнім часом змінилася тенденція

водоспоживання по всьому світу. Згідно з прогнозами гідролога Дж. Родда, обсяги споживання прісної води до 2035-2045 років вже зрівняються з її доступними збереженими ресурсами [24]. Це означає, що підтримання таких темпів водоспоживання, як у другій половині ХХ століття, стає неможливим. Тому управління водними ресурсами має змінитись.

Зростаюча проблема, пов'язана зі станом водних ресурсів, змусила світову спільноту визнати розширення доступу до безпечної питної води як одну з ключових Цілей сталого розвитку до 2030 року (Ціль 6, Clean Water and Sanitation). У рамках цієї глобальної Цілі необхідно вирішити багато завдань, зокрема поліпшення якості води, підвищення ефективності використання водних ресурсів та захист пов'язаних з водою екосистем [26]. Особливої ваги набуває впровадження інтегрованого управління водними ресурсами на основі басейнового принципу, включаючи транскордонне співробітництво.

Нераціональне використання водних ресурсів та недотримання правил їх користування і якості можуть призвести до конфліктів між державами. Розв'язання транскордонних проблем використання водних ресурсів потребує співпраці держав. З проблем, що ускладнюють транскордонне співробітництво, варто виділити:

- неузгодженість між організаціями, які здійснюють паралельний моніторинг транскордонних вод, про терміни відбору, методи налізу тощо;
- ускладнений та обмежений обмін інформацією про кількісні та якісні характеристики транскордонних водних ресурсів;
- відсутність загальної бази даних моніторингу транскордонних басейнів річок;
- відсутність відповідної технічної бази моніторингу, включаючи систему обробки даних тощо;
- недостатньо забезпечений доступ громадськості до екологічної інформації про стан якості водних ресурсів.

У ХХІ столітті більшість держав світу стикаються з регіональними та національними проблемами, серед яких особливо небезпечними є глобальне

порушення екологічної рівноваги в навколишньому природному середовищі, а також виснаження та погіршення якості водних ресурсів, які є джерелом питної води та основою для життєдіяльності людей на планеті.

Означена проблематика достатньо активно обговорюється на рівні як представницьких міжнародних форумів із водокористування, так і відповідних органів державного управління окремих країн світу. Зокрема, у Декларації міністрів з навколишнього середовища вказується, що вода є рушійною силою сталого розвитку, включаючи цілісність довкілля і ліквідацію злиднів та голоду, вона абсолютно необхідна для забезпечення здоров'я і благополуччя людини. Потрібно вишукувати ресурси шляхом використання підходів, пов'язаних із заміщенням затрат, які враховують місцеві кліматичні, екологічні й соціальні умови і принцип «платить забруднювач». Усі джерела фінансування, як державні, так і приватні, національні і міжнародні, слід мобілізувати і використовувати найефективнішим і дієвим чином.

У сфері державного управління використанням і охороною водного фонду принцип стійкого розвитку трансформується у стратегічний принцип стійкого водокористування, тобто такого, при якому постійно зберігаються й підтримуються умови, що дають змогу сьогодні й у майбутньому задовольняти суспільні потреби у воді, що відповідає санітарно-гігієнічним, екологічним, технічним та іншим вимогам відповідно до цілей водокористування. Не зайве відзначити, що названий принцип управління скоріше є метою, тобто кінцевим результатом, якого прагнуть досягти органи державного управління у процесі регулювання водних відносин.

В галузі використання, охорони та управління водними ресурсами існують базові принципи, які визначають теоретичну основу водоохоронної діяльності і водогосподарської політики. Дані принципи регулюють управління водними ресурсами та встановлюють правила користування ними з метою забезпечення ефективного використання, охорони та збереження водних ресурсів для майбутніх поколінь [20].

Стратегія та політика Європейського Союзу щодо управління довкіллям, зокрема природними водами, має на меті досягнення стійкості в цій галузі на території держав-членів. Одним з основних інструментів цієї стратегії є Водна рамкова директива (2000/60/ЄС) [11]. Проте система управління та охорони водних ресурсів є частиною державного управління. Кожна країна Європейського Союзу має свої національні особливості в цій галузі, які пов'язані з історичним шляхом формування державного управління, рівнем економічного та соціального розвитку, екологічною ситуацією та географічними характеристиками території, наявністю та станом водних ресурсів, культурою та укладом життя населення.

Основна вимога Водної рамкової директиви (ВРД) – це комплексне планування управління водами на основі басейнового підходу, яке передбачає:

- моніторинг якості та кількості води;
- оцінку потреб суспільства у воді та вплив діяльності людини на водні басейни;
- установлення цілей;
- розробку програм, спрямованих на досягнення цілей;
- відкритість, консультації з громадськістю для прийняття рішень;
- моніторинг і звітність про виконання Директиви.

Досягається за допомогою приведення якості води до відповідних вимог;

- раціональне та стійке використання водних ресурсів без забруднення за допомогою економічних механізмів;
- запобігання управлінню на основі дотримання адміністративних меж.

Управління засновано на басейнах річок і водозборах (басейновий принцип).

Європейський Союз відіграє важливу роль у водогосподарській політиці, але держави-члени несуть відповідальність за її ефективне виконання на національному рівні. Виконання Водної рамкової директиви ЄС залежить від того, наскільки правильно держави застосовують цю політику та переводять її у національне законодавство. Це є важливою ланкою в системі, оскільки, для

прикладу, найдосконаліше законодавство не зможе бути ефективно виконане, якщо держави не будуть застосовувати його на національному рівні.

Статистика водних ресурсів має на меті виконання кількох завдань, зокрема:

- надання повної соціо-еколого-економічної інформації про водокористування в країні;
- визначення тенденцій водокористування та їх порівняння з іншими країнами, а також виявлення головних факторів, які впливають на ці тенденції;
- виявлення потенційних втрат води в процесах виробництва;
- стимулювання водокористувачів до більш ефективного використання водних ресурсів;
- забезпечення суспільства необхідною інформацією про ризики, пов'язані з водними ресурсами.

Отже, проблема водокористування є глобальною. І тому потребує негайного статистичного вивчення, адже водні ресурси дедалі більше стають головним лімітуючим фактором у розвитку і розміщенні продуктивних сил. Тобто потрібен постійний моніторинг стану та використання даного виду ресурсів.

## **1.2 Статистичні індикатори водної безпеки**

Однією з центральних ролей у підтриманні балансу природно-екологічних процесів є роль водного фактору. Будь-які зміни водного режиму і водозабезпеченості зумовлюють прямий і непрямий вплив як на функціонування природних екосистем, так і економіку країни, адже сьогодні у світі зростає увага до управління водними ресурсами як стратегічного фактору розвитку економіки. Тому однією з глобальних проблем сучасності є дефіцит прісноводних ресурсів. Навантаження на світові запаси прісної води у XXI

столітті досягло безпрецедентного рівня. Нині безпека водопостачання знаходиться під загрозою для 80% населення земної кулі.

Інтенсивна стратегія водокористування передбачає зменшення потреби у воді в розрахунку на душу населення (або одиницю виробленого продукту) за рахунок технологічних і економічних заходів у водокористуванні, водозбереженні та охороні вод [27].

Водна безпека на будь-якому рівні (від побутового до глобального), означає, що кожна людина має доступ до достатньої кількості безпечної води за доступною ціною для здорового і продуктивного життя, забезпечуючи при цьому захист навколишнього середовища.

Оцінюють водну безпеку за п'ятьма ключовими напрямками:

- водна безпека домогосподарств,
- водна безпека економіки,
- водна безпека міст,
- екологічна водна безпека,
- захищеність від водних катастроф.

Водна безпека спирається на ефективну інтеграцію управління водними ресурсами в різних масштабах, зокрема, на національному рівні, басейнів річок і громад. Ключовими аспектами є соціальна справедливість, економічна ефективність та екологічна стійкість. Найчастіше питання водної безпеки розглядаються в масштабах країни або річкового басейну.

Рішеннями Конференції ООН з довкілля та розвитку «Планета Земля» у Ріо-де-Жанейро (1992 р.) задекларовано, а на Всесвітньому саміті голів держав і урядів у Йоганнесбурзі (2002 р.) підтверджено перехід світової спільноти до стратегії сталого розвитку. При цьому сталий розвиток визначено як такий, що забезпечує потребу сучасного покоління і не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої потреби.

Кожен рік у світі відбувається Конференція ООН з питань зміни клімату (COP), яка є міжнародною подією, що має на меті переговорні процеси з формування світової кліматичної політики [1]. Головною метою COP 24 є

ухвалення книги правил, яка буде містити керівні принципи та положення про порядок впровадження Паризької угоди її Сторонами. У 2018 році Конференція ООН закликала Всесвітню метеорологічну організацію (ВМО) регулярно звітувати про стан клімату з метою «сприяння розробці та застосуванню методологій для оцінки зміни та потреб в адаптації».

З використанням даних ООН щодо доступності водних ресурсів на одну особу по країнах планети, всі країни розподіляються на три групи:

1. З високим рівнем доступності – понад 3000 м<sup>3</sup>.
2. З обмеженим рівнем доступності – 3000 – 1000 м<sup>3</sup>.
3. «Водний голод» – менше 1000 м<sup>3</sup>.

Найбільш важливим для людства є водозабезпечення сільського господарства – і воно використовує найбільшу кількість прісної води (70%). Погіршення забезпечення сільського господарства водою, за оцінкою експертів, може призвести до значного падіння обсягів виробництва в регіонах, де розташовані країни, що розвиваються [5]. До 2050 року ці втрати порівняно з обсягами виробництва 2000 року можуть сягнути 8,9 %, у т. ч. в Азії – 7, на Близькому Сході та в Північній Америці – 9,5, Латинській Америці – 13, Африці – 16,7 %, а у світі в цілому – 3,3 %. Водночас за прогнозом розвинуті країни нарощуватимуть виробництво на 8 %.

Це, безумовно, призведе до підвищення залежності у продовольчому забезпеченні бідних країн від багатих і зменшення їх питомої ваги на світовому ринку аграрної продукції.

Незважаючи на значний прогрес за останні десятиліття, UN-Water повідомляє, що світ все ще не досягає Цілі сталого розвитку 6 до 2030 року. Досягнення загального доступу до безпечної питної води та санітарії до 2030 року вимагатиме збільшення поточних темпів прогресу в чотири рази.

2,3 мільярда людей – або 25% світового населення – вже живуть у країнах, які відчують нестачу води. При середньому глобальному індикаторі водного стресу майже 18%. Це число приховує регіональні відмінності.

Для характеристики поточного стану запасів прісної води та водозабезпечення фахівці використовують терміни, що були запроваджені Всесвітньою програмою ООН з оцінки водних ресурсів (UNWWAP): водний стрес та водна криза.

Водний стрес означає брак води належної якості для задоволення потреб людей, економіки та навколишнього середовища. Адекватне реагування на ризики і загрози водного стресу потребує постійного моніторингу та комплексного аналізу стану водних об'єктів. Важливою складовою інформаційно-аналітичного забезпечення моніторингу є вимірювання нестачі води. За останні десятиліття методи вимірювання дефіциту води та водного стресу змінилися, розвиваючись до комплексних оцінок, які враховують фізичні, екологічні, економічні та соціальні аспекти водозабезпечення. Індикатор водного стресу тепер оцінює дефіцит води в контексті доступності водних ресурсів для населення країни чи регіону (середньорічний обсяг доступної води на одного жителя).

Концептуально даний індикатор пов'язує доступність прісної води з продовольчою безпекою, він характеризує середньорічну водозабезпеченість населення у масштабах країни, не беручи до уваги потреби країни у водних ресурсах, нерівномірність їх розподілу по території і гідрологічну мінливість у часі.

Інший підхід до вимірювання водного стресу базується на співвідношенні потреб і наявності води. Серед вимірників індекс навантаження на водні ресурси, індекс доступності води та їхні модифікації. Індекс навантаження на водні ресурси визначається відношенням річного валового водозабору до загального обсягу відновлюваних водних ресурсів або до внутрішніх водних ресурсів. При цьому навантаження на водні ресурси в діапазоні 20-40% класифікують як водний стрес, а понад 40% як водний дефіцит. Через переважання транзитного стоку в структурі водозабезпечення більшості країн світу стан водного стресу з позиції потреб води може спричинити

нестабільність водопостачання, загострення конкуренції між користувачами, навіть конфліктні ситуації.

Індекс доступності води визначають співвідношенням загальної потреби у воді всіх секторів національної економіки (промисловість, сільське господарство, побутові потреби) і загального обсягу водних ресурсів (сумарно поверхневі і підземні води). Індекс враховує мінливість наявності води в часі: вирішальним є місяць з максимальним дефіцитом або мінімальним профіцитом; нормується індекс в діапазон  $[-1 \div 1]$ . Модифікацію індикаторів цього типу здійснюють переважно у напрямку коригування обсягів водопостачання за рахунок впровадження сучасних водних технологій (опріснення морської води, багаторазове водокористування, технології зрошення тощо), але через брак інформації сфера використання модифікованих індикаторів не набула глобального масштабу.

Індикатором, який об'єднує інформацію про забір води та наявності води, є індекс нестачі води. Він визначається інтенсивністю використання водних ресурсів, тобто валовим забором прісної води у відсотках від загального обсягу поновлюваних водних ресурсів або у відсотках від внутрішніх водних ресурсів.

Загальні показники використання води містять відомості про великі водозабори та скиди стічних та інших вод басейнів основних річок.

**Таблиця 1.1 – Індикатори водних ресурсів**

Індикатор/індекс	Просторова шкала	Необхідні дані
Доступ до питної води і санітарних послуг	країна	відсоток населення, що має доступ до питної води відсоток населення, що має доступ до санітарних послуг
Falkenmark Індикатор водного стресу	країна	загальний річний обсяг поновлюваних водних ресурсів населення
Потік сухого сезону по басейну річки	басейн річки	тимчасові ряди поверхневого стоку (місячні дані) населення
Індекс основних потреб людини	країна	домашнє водокористування на душу населення
Індикатор дефіциту води	країна, регіон	щорічні забори прісної води всього поновлюваних водних ресурсів

Індикатор дефіциту води	країна, регіон	щорічні паркани прісної води опріснені водні ресурси внутрішні поновлювані водні ресурси зовнішні поновлювані водні ресурси співвідношення ВПВ, яке можна використовувати
Індекс доступності води WAI	область, край	тимчасові ряди поверхневого стоку (щомісяця) тимчасові ряди ресурсів підземних вод (щомісяця) потреби у воді побутового, сільськогосподарського і промислового сектора

«Продовження таблиці 1.1»

1	2	3
Вразливість водних систем	вододіл	обсяг зберігання (гребель) всього поновлюваних водних ресурсів споживче використання частка гідроелектроенергії в загальному обсязі електроенергії забір підземних вод ресурси підземних вод тимчасові ряди поверхневого стоку
Індекс вразливості водних ресурсів (WRVI)	країна	щорічний водозабір всього поновлюваних водних ресурсів ВВП на душу населення обсяг зберігання в національному водосховищі тимчасові ряди опадів відсоток зовнішніх водних ресурсів
Індикатор відносної нестачі води	країна	водозабір в 1990 році водозабір в 2025 році
Індекс показників водозабору (IWI)	вододіл	15 показників стану та вразливості

*Джерело: складено автором за даними публікацій глобальної інформаційної системи ФАО: <https://www.fao.org/aquastat/ru/>*

Під час будь-якого дослідження є доцільним використання інтегрованого показника. Такий підхід в оцінюванні та прогнозуванні стану водних ресурсів значно підвищує якість аналізу й об'єктивність його висновків, а застосування

відповідних моделей дає можливість досить оперативно виявляти проблеми та завчасно доводити інформацію про них.

Зважаючи на інтегральну цінність води як суспільного блага, що має соціальну, економічну і екологічну цінність, інструментом для оцінки ситуації з водою в конкретному регіоні визнається багатовимірний індикатор під назвою Індекс водної бідності, який об'єднує фізичні показники доступності води з соціально-економічними. Цей індекс агрегує п'ять компонентів водозабезпечення. До них належать: екологічні характеристики водокористування, водоспоживання за секторами економіки, доступ до ресурсів, запас водних ресурсів та соціально-економічний потенціал країни чи регіону.

Кожен з цих компонентів, своєю чергою, об'єднує 2-5 базових показників, стандартизованих у такий спосіб, щоби зведений індекс, агрегуючи компоненти, набув значень в діапазоні  $[0 \div 100]$ .

**Таблиця 1.2 – Індикатор водної бідності,**

Індикатор/індекс	Просторова шкала	Необхідні дані
Індекс водної бідності (WPI)	Країна, регіон	внутрішні поновлювані водні ресурси зовнішні поновлювані водні ресурси доступ до безпечної води, доступ до каналізації зрошувані землі, загальна площа орних земель, загальна площа ВВП на душу населення рівень смертності дітей у віці до 5 років Індекс освіти ПРООН коефіцієнт Джині домашнє водокористування на душу населення ВВП на сектор Змінні якості води, використання пестицидів Екологічні дані (ESI)

*Джерело: складено автором за даними публікацій глобальної інформаційної системи ФАО: <https://www.fao.org/aquastat/ru/>*

Щодо України, то варто зазначити систему індикаторів сталого водокористування «табл.1.3» наведену у статті «Соціо-еколого-економічні індикатори сталого водокористування» Маценко О.М. [18].

Для досягнення повного подолання вододефіциту в країні важливим етапом є упорядкування індикаторів сталого водокористування, що можуть включати наступні категорії:

- за спрямованістю: екологічні, соціальні, економічні, правові;
- за територіальним рівнем: місцеві, басейнові, державні, міжнародні, глобальні;
- за глобальним впливом: індикатори локального та глобального водокористування;
- за видами водокористування: водоспоживання (для населення та підприємств) та водне господарство (рибальство, водний туризм, гідроенергетика тощо);
- за суб'єктами водокористування: муніципальні підприємства, державні організації, промислові підприємства, населення, або країна в цілому.

**Таблиця 1.3 - Базові індикатори сталого водокористування**

Вид	Індикатор
Економічні	Водомісткість ВВП м <sup>3</sup> /грн. Дефіцит водних ресурсів, м <sup>3</sup> Питома вага інвестицій на відновлення водних екосистем (джерел), % Питома вага збору за водокористування у тарифі за воду, %
Екологічні	Запаси прісної води, м <sup>3</sup> Щорічний відбір поверхневих та підземних вод, м <sup>3</sup> Щорічне споживання прісної води, м <sup>3</sup> Частка безповоротного водоспоживання в об'ємі використаної води, % Питома вага забруднених стоків, що скидаються без очищення, % Рівень біорізноманіття водних екосистем

	Питома вага втрат води при її транспортуванні, % Індекс забруднення води
Соціальні	Запаси прісної води на душу населення, м <sup>3</sup> /особу Річне споживання питної води на душу населення, м <sup>3</sup> Захворюваність населення, обумовлена хімічним забрудненням водних ресурсів, випадків/1 000 осіб Захворюваність населення, обумовлена бактеріологічним та вірусним забрудненням водних ресурсів, випадків/1 000 осіб Питома вага населення, що має доступ до водопроводу і каналізації, % Питома вага водопроводів без знезаражувальних установок, %

«Продовження таблиці 1.3»

1	2
Сталого розвитку (соціо-еколого-економічні)	Економічний збиток від забруднення водних джерел, грн Водний слід, м <sup>3</sup> /рік Коефіцієнт антропогенного навантаження на річкову мережу Показник збалансованості водокористування (відношення темпів відновлення та використання водних ресурсів) Питома частка неявної води у структурі ВВП

*Джерело: складено автором на основі статті «Соціо-еколого-економічні індикатори сталого водокористування»*

Взагалі, станом на сьогодні, розвиток водогосподарських систем (ВГС) характеризується багатим набором показників, кожен з яких може змінюватися в різні періоди часу. Для оцінки ефективності водокористування необхідно мати систему показників, яка відображає найважливіші якісні та кількісні характеристики. В сукупності, ці показники формують загальне уявлення про рівень розвитку ВГС.

Ефективність використання водних ресурсів і експлуатації водного середовища оцінюється через еколого-соціо-економічний результат взаємодії, пов'язаний з вирішенням комплексу економічних, соціальних та екологічних задач. Важливі завдання, які повинні вирішуватися, включають:

- раціональне використання водних ресурсів, а також ефективне використання фінансових, трудових і матеріальних ресурсів;
- задоволення соціальних потреб водокористувачів;
- охорона водних ресурсів, їх відновлення та збереження природного стану водних екосистем.

Зважаючи на інтенсивний вплив людської діяльності на навколишнє середовище, не можна розглядати економічні та соціально-екологічні завдання окремо, оскільки задоволення соціальних потреб є основною метою у вирішенні соціально-еколого-економічних проблем, а економічні можливості є засобом досягнення цих цілей.

Для об'єктивного еколого-економічного оцінювання ефективності водокористування можна використовувати відповідні критерії та показники, які відображають цільові екологічні, економічні та соціальні результати. У господарських системах критеріями оцінки ефективності водокористування є задоволення соціальних потреб водокористувачів, економічні показники водокористування, стан водних джерел, ефективність функціонування водогосподарських систем та ефективність управління ними.

Відповідно до статті «Система критеріїв та показників оцінки ефективності водокористування» Яроцької О., доцільно виділити систему показників оцінки ефективності водокористування, наведену в таблиці 1.4.

**Таблиця 1.4 - Система показників оцінки ефективності водокористування**

Ефективність водокористування	Показник
-------------------------------	----------

Екологічна	<p>об'єм забруднених стічних вод;</p> <p>об'єм скинутих забруднених речовин;</p> <p>показник функціонального використання водних ресурсів;</p> <p>коефіцієнт антропогенного навантаження на водні ресурси;</p> <p>якість водних ресурсів (для питних та господарських потреб) за хімічним, механічним та радіоактивним складом;</p> <p>рибні та інші живі ресурси водних об'єктів</p>
Економічна	<p>фіскальна віддача забраної води;</p> <p>продуктивність води;</p> <p>частка вартості використаної води в собівартості виробництва продукції;</p> <p>розмір прибутку з 1 м<sup>3</sup> води;</p> <p>водомісткість ВВП;</p> <p>рівень рентабельності виробництва, в якому використовується вода;</p> <p>поточні витрати та інше</p>

«Продовження таблиці 1.4»

1	2
Еколого-економічна	<p>економічна ефективність екологічних витрат у сфері водокористування;</p> <p>відвернений еколого-економічний збиток;</p> <p>додатковий обсяг отриманої продукції внаслідок екологічно спрямованих заходів;</p> <p>додатковий чистий дохід після впровадження водоохоронних заходів</p>
Соціальна	<p>рівень захворюваності людей, спричиненої водоспоживанням;</p> <p>забезпеченість населення питною водою;</p> <p>доступність до якісної питної води;</p> <p>рекреаційні властивості води</p>

Інституціональна	структура водокористування; дієвість економічного (фінансового) механізму, який включає: - збори за використання води та скиди забруднених вод, рентні платежі; - збори за забруднення понад установлені ліміти; - штрафи за порушення природоохоронного законодавства; стимулювання; контроль; моніторинг; екологічні програми; міжнародна діяльність
Інвестиційна	сукупність інвестиційних ресурсів у розрахунку на об'єм водних ресурсів; прибутковість інвестицій у водогосподарські проекти; окупність інвестицій; показник найменших витрат та інше.

*Джерело: складено автором на основі статті «Система критеріїв та показників оцінки ефективності водокористування»*

Можна відзначити важливість екологічних, соціальних та економічних показників при оцінці ефективності водокористування. Екологічні показники відображають стан та рівень виснаження водних ресурсів, соціальні показники зосереджені на рівні життя та стані здоров'я мешканців річкового басейну, а економічні показники пов'язані з водозабезпеченням та розвитком галузей економіки. Крім того, показники ефективності управління ВГС відображають результативність заходів щодо запобігання та зменшення негативних антропогенних впливів на якість водних ресурсів басейну річки [28].

Ефективність технологічних процесів водного господарства сильно впливає на економічну ефективність водокористування через постійні витрати, які не можуть бути змінені в короткостроковій перспективі. Технологічні показники відображають специфіку використання водних ресурсів як засобів

виробництва і дають можливість порівняти результативність водогосподарської діяльності в різних господарських системах і регіонах.

Оцінка економічної ефективності водокористування базується на широкому спектрі економічних показників, що характеризують якісні та кількісні особливості процесів і явищ, що відбуваються в галузі. Важливим елементом оцінки економічної ефективності є визначення рівня водозабезпеченості для населення та промислових галузей, а також інтенсивності використання водних ресурсів. Ці дані є необхідними для формулювання стратегії соціально-економічного розвитку і управління водокористуванням, включаючи контроль за станом водних ресурсів.

Оцінка ефективності водокористування має дві сторони: соціальну та екологічну. Соціальна оцінка зосереджується на забезпеченні населення водою в необхідних обсягах та якості для питних та інших потреб. Вона відображає рівень раціонального водоспоживання через оцінку централізованого водопостачання та питомих витрат води на одного міського жителя.

Екологічна оцінка водокористування охоплює його негативний вплив на довкілля, такий як виснаження водних ресурсів та забруднення води. Для визначення екологічної ефективності потрібна оцінка якості води та встановлення екологічних нормативів.

Інституціональна оцінка сприяє регулюванню водокористування та створенню конкурентного середовища на ринку водогосподарських послуг. Прийняття рішень про просторовий розвиток водного господарства повинно враховувати взаємодію різних сфер діяльності водокористувачів та водоспоживачів, а також раціональне використання водних ресурсів, екосистем і водозбірних територій.

Кількісні оцінки водних ресурсів необхідні для вирішення проблем сучасного та перспективного водозабезпечення населення, промисловості, сільського господарства, у розробці заходів охорони навколишнього середовища [8].

Статистика водних ресурсів вивчає наявність, кількість і якість вод за їх видами, їх використання на виробничі та господарсько-побутові потреби, що дозволяє забезпечити контроль за якістю використовуваних вод, ефективністю їх очищення і скиданням у поверхневі водойми і ґрунт, а також введенням в дію споруд з очищення стічних вод і систем оборотного водопостачання.

## **2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ НАСЕЛЕННЯ**

### **2.1 Водозабезпеченість населення як об'єкт статистичного моделювання**

Водозабезпеченість – ступінь відповідності потреби у воді фактичному забезпеченню водоспоживача. Визначається природними (характер і темпи відновлюваності, придатність, доступність) та соціальними (темпи й характер водоспоживання) чинниками. Рівень водозабезпеченості населення різних регіонів світу, яке має доступ до води, зменшується. Основними причинами такого явища виступають нерівномірний розподіл водних ресурсів на території планети та зростаюче забруднення водних об'єктів. Проблеми споживання води, водозабезпеченості, задоволення зростаючих потреб економіки і населення з кожним роком загострюються і привертають все більшу увагу.

Кількісні оцінки водних ресурсів необхідні для вирішення проблем сучасного та перспективного водозабезпечення населення, промисловості, сільського господарства, у розробці заходів охорони навколишнього середовища. Оскільки проблема водних ресурсів є глобальною, вона потребує негайного статистичного вивчення, адже водні ресурси дедалі більше стають головним лімітуючим фактором у розвитку і розміщенні продуктивних сил. Тобто потрібен постійний моніторинг за водозабезпеченням населення.

Різні показники в різних країнах мають різний пріоритет. Це викликано природними і соціально-економічними умовами різних країн. Впливає ступінь забезпеченості різних країн водними ресурсами, придатними для питних цілей. Відсутність достатньої кількості водних ресурсів обумовлює дефіцит в питному забезпеченні населення таких країн. Це, в свою чергу, визначає відмінність систем водопостачання, а також капіталомісткість водного сектора економіки в дефіцитних у водному відношенні країнах. Порівняльний аналіз необхідний для

виявлення наявності лінійного статистичного взаємозв'язку випадкових величин, які характеризують стан водозабезпечення населення.

На рівні міжнародних організацій продовольча і сільськогосподарська організація ООН (ФАО) розробляє методики і стандарти в сфері продовольчої і сільськогосподарської статистики, надає технічну допомогу і поширює інформацію для глобального моніторингу. Статистична діяльність ФАО полягає в розробці та впровадженні методологій і стандартів для збору, перевірки, обробки та аналізу даних. Глобальна інформаційна система ФАО з водних ресурсів та використання води в сільському господарстві називається AQUASTAT [4]. Вона збирає, аналізує і надає вільний доступ до більш ніж 180 показниками і індикаторами по кожній країні, починаючи з 1960 року. AQUASTAT грає ключову роль у моніторингу Цілі 6 Сталого розвитку, спрямованої на «забезпечення наявності і раціонального використання водних ресурсів і санітарії для всіх» [28].

Завдання полягає у побудові узагальненої, агрегованої оцінки водозабезпеченості населення. Методологічною базою такої оцінки пропонується використати метод головних компонент (МГК). Саме МГК виявляє приховані першопричини, які пояснюють кореляції між ознаками і змістовно інтерпретуються, вирішує проблему надлишковості інформації, забезпечує адекватність моделі прогнозування реальному процесу. Застосування методу головних компонент для дослідження водозабезпеченості населення дозволяє визначити основні внутрішні фактори водозабезпеченості та встановити їх взаємозв'язок з відповідними індикаторами.

Об'єктом дослідження обрано європейські країни, інформаційна база містить такі показники за 2019 рік (додаток А):

- $x_1$  - водний стрес;
- $x_2$  - коефіцієнт залежності;
- $x_3$  - загальна кількість відновлюваних водних ресурсів на душу населення;

- $x_4$  – вилучення води в сільськогосподарському секторі як відсоток від загального водозабору;
  - $x_5$  - вилучення промислової води як відсоток від загального водозабору;
  - $x_6$  - муніципальний водозабір як відсоток від загальної кількості водозабору;
  - $x_7$  - загальний забір води на душу населення м<sup>3</sup>/рік на одного жителя.
- Зв'язки між ними відображає кореляційна матриця (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1 – Кореляційна матриця**

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
$x_1$	1,000	-0,472	-0,622	0,147	0,157	-0,412	0,332
$x_2$	-0,472	1,000	0,366	-0,224	0,194	-0,048	-0,210
$x_3$	-0,622	0,366	1,000	-0,139	-0,106	0,324	-0,121
$x_4$	0,147	-0,224	-0,139	1,000	-0,768	0,057	0,142
$x_5$	0,157	0,194	-0,106	-0,768	1,000	-0,683	0,343
$x_6$	-0,412	-0,048	0,324	0,057	-0,683	1,000	-0,695
$x_7$	0,332	-0,210	-0,121	0,142	0,343	-0,695	1,000

*Джерело: власні розрахунки автора за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>*

Як відомо, соціально-економічне явище можна характеризувати низкою ознак. Велика кількість взаємозв'язаних ознак, які характеризують різні аспекти багатовимірного об'єкта, призводить до певної «надлишковості інформації», тому виникає необхідність стиснення інформації, заміни початкової ознакової множини «головними компонентами».

Метод головних компонент є важливим засобом скорочення кількості розмірностей багатовимірного простору з мінімальними втратами інформації про характеристики об'єкту дослідження. Цей метод дозволяє виділити найбільш значущі змінні та закономірності, які описують об'єкт, і зменшити розмірність даних, що полегшує їх подальший аналіз та інтерпретацію.

Метод головних компонент використовують в аналізі будь-яких складних даних, яким притаманна мультиколінеарність, тобто присутність внутрішніх, прихованих зв'язків між змінними.

Основними передумовами для того, щоб ефективно понизити розмірність масиву даних, є:

- «сильний» (аж до лінійного) зв'язок між початковими змінними, внаслідок чого інформація, що міститься в даних, дублюється;
- слабка інформативність деяких показників, що дозволяє виключити їх із набору даних;

Вихідним етапом є кореляційна матриця, на підставі якої з використанням методу можна продовжити аналіз значень спостережуваних ознак. Важливо відібрати правильні ознаки для кореляційної моделі, які зазвичай пов'язані між собою і дозволяють мати інформацію про іншу ознаку на основі одного фактора. Якщо між ознаками існує тісний зв'язок, одну з них можна виключити. Цей метод є ефективним при десятках взаємопов'язаних ознак і має за мету «набрати» певну частину загальної варіації результативної ознаки мінімальною кількістю змінних. Для досягнення цієї мети необхідно підібрати змінні до тих пір, поки сума їх дисперсій не досягне заданої частки у дисперсії досліджуваного явища (наприклад, 60%, 80%, 90% і т.д.).

Метод головних компонент розв'язує такі завдання:

- знаходження прихованих, об'єктивно існуючих закономірностей у зміні явищ.
- характеристика явища, що вивчається, числом ознак, значно меншим взятих, на початковому етапі. Число головних компонент, виділених в процесі

дослідження, буде вміщувати (у компактній формі) більше інформації, ніж початково виміряні ознаки.

• виявлення ознак, найбільш тісно пов'язаних з головною компонентою. Інакше кажучи, вивчення стохастичного зв'язку між ними (зв'язок, при якому зі зміною однієї змінної змінюється закон розподілу іншої).

Отже, для дослідження внутрішньої структури значна кількість первинних, взаємозв'язаних між собою ознак  $x_i$  підлягає заміні на мінімальну кількість внутрішніх (латентних) факторів  $G_j$ , які можуть пояснити варіацію і взаємозв'язки первинних ознак, однак безпосередньо не вимірюються [13]:

$$\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\} \rightarrow \{G_1, G_2, G_3, \dots, G_p\}, \quad (2.1)$$

де  $m$  і  $p$  — кількість первинних ознак і латентних факторів, відповідно.

Модель головних компонент трансформує  $m$ -вимірний ознаковий простір у  $p$ -вимірний простір компонент ( $p < m$ ). Дана трансформація ґрунтується на припущенні, що первинні ознаки  $x_i$  є лише індикаторами певних об'єктивно існуючих властивостей явища, які безпосередньо не вимірюються. Взаємозв'язки між ознаками характеризують різні аспекти одного внутрішнього фактора, і саме цей фактор спричиняє взаємозв'язок між ознаками. Внутрішній (латентний) фактор, що агрегує певну множину взаємозв'язаних ознак, називають компонентою.

Як першу головну компоненту обирають напрям, вздовж якого масив спостережень має найбільшу дисперсію. Кожну наступну компоненту обирають також з умови максимізації частки дисперсії, що залишилася, вздовж неї, доповненої умовою ортогональності всім раніше обраним компонентам. При цьому із зростанням номера компоненти буде зменшуватися пов'язана з нею частка загальної дисперсії:

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_m \quad (2.2)$$

Кількість компонент визначається значною мірою суб'єктивно, виходячи з розуміння того, яка величина загальної дисперсії відповідає випадковій мінливості, що відображає похибку вимірювань, вплив неконтрольованих випадкових чинників тощо.

Метод головних компонент ґрунтується на тому, що компоненти, які виникають під час аналізу корельованих ознак, можна розуміти як агрегацію груп пов'язаних між собою ознак. Це призводить до розподілу дисперсії між компонентами та створенню зрозумілої факторної структури. Головне при цьому, що всі дані про об'єкт дослідження зберігаються. Отримані головні компоненти можна інтерпретувати змістовно.

Оскільки компоненти є гіпотетичними величинами, то виміряти їх можна лише опосередковано за допомогою спеціально сконструйованих моделей. У моделі головних компонент зв'язок між первинними ознаками і компонентами описується як лінійна комбінація:

$$z_{ih} = \sum_1^m a_{ij}G_{jh}, \quad (2.3)$$

де  $z_{ih}$  – стандартизовані значення  $i$ -ї ознаки з одиничними дисперсіями, сумарна дисперсія дорівнює кількості ознак  $m$ ;

$a_{ij}$  — факторне навантаження  $j$ -ї компоненти на  $i$ -ту ознаку, характеризує щільність зв'язку між  $i$ -ю ознакою та  $j$ -ю компонентою і змінюється в межах від 0 до  $\pm 1$ ;

$G_{jh}$  — значення  $j$ -ї компоненти для  $h$ -ї одиниці сукупності.

Завдання компонентного аналізу полягає в тому, щоб визначити факторні навантаження і значення головних компонент для кожної  $h$ -ї одиниці сукупності.

Компонентний аналіз включає наступні етапи:

- 1) Формування ознакової множини латентного явища;
- 2) Стандартизація ознак;
- 3) Побудова кореляційної матриці;
- 4) Розрахунок факторних навантажень;
- 5) Виділення та інтерпретація головних компонент;
- 6) Визначення індивідуальних значень головних компонент.

Тепер необхідно детальніше пройтися по етапах компонентного аналізу. Перший етап включає в себе формування ознакової множини внутрішнього явища. На другому етапі ознаки стандартизують:

$$X \rightarrow Z \quad (2.4)$$

Наступний етап – визначення кореляційної матриці:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2m} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

Вона є інформаційною базою компонентного аналізу. На четвертому етапі розраховують факторні навантаження, що визначаються власними значеннями і власними векторами матриці. На підставі них також визначають внесок окремих компонент. кореляційна матриця вихідних ознак  $R$  може бути подана за допомогою матриці факторних навантажень:

$$R = AA^T, \quad (2.6)$$

де  $T$  — символ транспонування матриці.

Кожна компонента враховує певну частку сумарної дисперсії, яка дорівнює кількості ознак. За умови ортогональності компонент квадрат факторного навантаження характеризує внесок  $j$ -ї компоненти у варіацію  $i$ -ї ознаки. Повний внесок  $j$ -ї компоненти в сумарну дисперсію всіх ознак становить:

$$\lambda_j = \sum_1^m a_{ij}^2, \quad (2.7)$$

У процесі компонентного аналізу сумарна варіація всіх первинних ознак перерозподіляється між компонентами. Тобто сумарна дисперсія становить:

$$m = \sum_1^m \lambda_j = \sum_1^m a_{ij}^2 \quad (2.8)$$

Сумарна дисперсія головних компонент менша за сумарну дисперсію ознакового простору. Повноту факторизації характеризує дане відношення:

$$\frac{\sum_1^m \lambda_j}{m} \quad (2.9)$$

Задовільним вважається факторизація моделі не менше як 70%.

На практиці для визначення кількості головних компонент користуються критерієм Кайзера та критерієм Кеттеля (кам'янистого осипу), які зазвичай поєднують з метою вибору оптимальної кількості компонент, які б пояснювали максимальну частку сумарної дисперсії.

Критерій власних чисел, запропонований американським психологом Генрі Феліксом Кайзером, передбачає, що до моделі включають тільки фактори, для яких власні числа є не меншими, ніж одиниця. За змістом це означає, що таким факторам відповідає дисперсія, еквівалентна принаймні дисперсії одної змінної. У протилежному випадку виокремлення фактора не має сенсу. Цей критерій іноді залишає в моделі занадто багато факторів.

Критерій відсіювання передбачає побудову графіка, де по осі абсцис відкладають порядковий номер власного числа, а по осі ординат – його значення. Згідно з Р. Кеттелом необхідно знайти точку найбільшого уповільнення спадання власних значень і враховувати лише фактори, яким відповідають власні числа, розташовані лівіше цієї точки. На відміну від попереднього цей критерій статистично необґрунтований і часто залишає в моделі не всі істотні фактори. Втім у випадках, коли істотних факторів небагато, а кількість змінних є великою, обидва критерії є придатними для практичного застосування.

На практиці часто здійснюють розрахунки, використовуючи різні критерії, а потім обирають модель, що містить найбільшу кількість факторів, яким можна надати змістову інтерпретацію.

Критерії, що ґрунтуються на аналізі визначників вихідної та відтвореної кореляційної матриць, часто виявляються нестійкими. Критерії, які базуються на величині власних значень кореляційної матриці, у підсумку призводять до аналізу відсотка дисперсії, виділеної факторами. Усі загальні фактори, кількість яких дорівнює кількості параметрів, пояснюють 100% дисперсії. Якщо сума відсотків за факторами перевищує 100%, це свідчить про отримання від'ємних власних значень і, відповідно, комплексних власних векторів, що може бути наслідком некоректної редукції вихідної кореляційної матриці. Доцільно здійснювати двоетапну процедуру аналізу. На першому етапі максимальну кількість факторів не задають. Після його проведення аналізують дисперсії, оцінюють приблизну кількість факторів і проводять повторний аналіз.

Визначальна функція моделі головних компонент — пошук у багатовимірних системах прихованих, але об'єктивно існуючих закономірностей, зумовлених впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. І найскладніше – це розпізнавання (змістовної інтерпретації) цих компонент, що показують закономірності. Іншими словами, це завдання пошуку назв для головних компонент. Це завдання вирішується суб'єктивно, на основі аналізу значень факторних навантажень.

Якщо в конкретній ситуації виявляється, що кожний фактор має великі навантаження для своєї групи вихідних ознак, то інтерпретація факторів визначається такими виділеними групами ознак. Очевидно, що для вирішення такого завдання потрібно для кожної головної компоненти серед усіх значень факторних навантажень визначити мінімально можливу множину значущих значень, за якими і визначити назву головної компоненти. Ці значення відповідають тим вихідним ознакам, які будуть пояснювати головну компоненту.

Ще один підхід стосовно інтерпретації факторів базується на спеціальному перетворенні матриці факторних навантажень. При цьому нова матриця, з одного боку, повинна відповідати тому ж підпростору факторів, а з іншого – у кожній ознаки найбільше за модулем факторне навантаження було б лише з одним із факторів.

Оскільки у реальних багатовимірних сукупностях часто виокремлюється кілька головних компонент, навантаження яких на окремі ознаки перетинається, то складна факторна структура значно ускладнює ідентифікацію компонент. Пошук простої факторної структури, коли  $a_{ij}$  наближається до 1 або 0, здійснюється за допомогою застосування ортогонального або косо-ортогонального обертання до факторного простору. Це призводить до перерозподілу дисперсії між факторами та зміни їх навантажень.

Найбільш поширеними в сучасних статистичних пакетах є такі стратегії обертання, як варімакс, кватримакс, бікватримакс, які дозволяють зосередити

максимальну дисперсію первинних даних на відповідних координатних осях виділених компонент, що спрощує інтерпретацію факторів.

Практичне використання компонентного аналізу вимагає дотримання певних логіко-статистичних умов, зокрема:

- усі ознаки мають бути кількісними, сукупність — однорідна, а розподіл — симетричний;
- кількість спостережень має перевищувати кількість ознак щонайменше вдвічі.

У таблицях нижче представлено власні значення кореляційної матриці та факторні навантаження головних компонент до обертання.

**Таблиця 2.2 – Власні значення головних компонент**

Номер головної компоненти	Власні значення	% загальної дисперсії	Кумулятивні власні значення	Кумулятивний відсоток
1	2,644	37,771	2,644	37,771
2	2,072	29,601	4,716	67,372

*Джерело: власні розрахунки автора за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>*

Дисперсія першої компоненти 2,644, другої — 2,072, внесок першої компоненти в сумарну дисперсію становить 37,8%, другої — 29,6%. Разом вони пояснюють 67,37% сумарної варіації водозабезпеченості населення, модель адекватна.

З таблиці 2.3 помітно, що перша компонента найбільше корелює з такими показниками, як: водний стрес ( $x_1$ ), загальна кількість відновлюваних водних ресурсів на душу населення ( $x_3$ ), муніципальний водозабір як відсоток від загальної кількості водозабору ( $x_6$ ) та загальний забір води на душу населення  $m^3$ /рік на одного жителя ( $x_7$ ).

А друга компонента з такими показниками, як: коефіцієнт залежності ( $x_2$ ), вилучення води в сільськогосподарському секторі як відсоток від загального водозабору ( $x_4$ ), вилучення промислової води як відсоток від загального водозабору ( $x_5$ ).

**Таблиця 2.3 – Факторні навантаження головних компонент**

Показники	Компонента 1	Компонента 2
$x_1$	0,730	-0,428
$x_2$	-0,323	0,649
$x_3$	-0,602	0,420
$x_4$	-0,098	-0,805
$x_5$	0,622	0,757
$x_6$	-0,857	-0,263
$x_7$	0,717	-0,001
Власні числа	2,644	2,072
Ваги факторів	0,378	0,296

*Джерело: власні розрахунки автора за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>*

Найчастіше результати факторизації не підлягають інтерпретації. В даному випадку (табл. 2.3) аналіз отриманих груп показників, що сформували відповідні головні компоненти, показав невисокий змістовний рівень економічної інтерпретації. Отже, необхідно провести обертання матриці факторних навантажень.

## **2.2 Порівняльний аналіз водозабезпечення населення за країнами європейського регіону**

Порівняльний аналіз водозабезпечення населення за країнами європейського регіону можна провести за умови можливої змістовної інтерпретації результатів факторизації. Проведемо обертання факторів з метою покращення їх інтерпретації, отримання факторів, які ясно відзначені високими навантаженнями для деяких змінних і низькими - для інших. Співвідношення ознак в осях факторів при цьому ніяк не змінюються. Тобто необхідно здійснити факторне обертання на певний кут, щоб були краще помітні навантаження по факторам. За допомогою процедури біквартимакс визначено фактори, що найкраще інтерпретуються. Позитивний знак факторного навантаження вказує на прямий зв'язок змінної з фактором, негативний – на обернений.

**Таблиця 2.4 – Факторні навантаження головних компонент після обертання**

Показники	Компонента 1	Компонента 2
x <sub>1</sub>	-0,840	-0,107
x <sub>2</sub>	0,652	-0,317
x <sub>3</sub>	0,733	0,035
x <sub>4</sub>	-0,414	0,698
x <sub>5</sub>	-0,030	-0,980
x <sub>6</sub>	0,518	0,732
x <sub>7</sub>	-0,568	-0,437
Власні значення	2,431	2,285
Питома вага	0,347	0,327

Джерело: власні розрахунки автора за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>

Як видно з табл. 2.4, на основі розподілу факторних навантажень отримано найбільш інформативні показники, що характеризують головні компоненти аналізу водозабезпеченості населення. Так, перша компонента найбільше корелює з такими показниками, як: водний стрес ( $x_1$ ), коефіцієнт залежності ( $x_2$ ) та загальна кількість відновлюваних водних ресурсів на душу населення ( $x_3$ ), загальний забір води на душу населення м<sup>3</sup>/рік на одного жителя ( $x_7$ ). Цю головну компоненту доцільно назвати компонентою ступеня залежності країни.

Аналіз структури другої компоненти показав, що визначальними показниками, на основі яких можливо інтерпретувати її зміст, є вилучення води в сільськогосподарському секторі як відсоток від загального водозабору ( $x_4$ ), вилучення промислової води як відсоток від загального водозабору ( $x_5$ ) та муніципальний водозабір як відсоток від загальної кількості водозабору ( $x_6$ ). Цю компоненту можна інтерпретувати як економічне навантаження на водні ресурси.

**Таблиця 2.5 - Результати визначення головних компонент аналізу водозабезпечення населення європейських країн**

Вихідні показники	Факторні навантаження	Головні компоненти аналізу водозабезпечення населення	Частка компоненти у загальній дисперсії, %
Водний стрес ( $x_1$ )	-0,840	Ступінь залежності країни <b>GI</b>	34,7
Коефіцієнт залежності ( $x_2$ )	0,652		
Загальна кількість відновлюваних водних ресурсів на душу населення ( $x_3$ )	0,733		
Загальний забір води на душу населення м <sup>3</sup> /рік на одного жителя ( $x_7$ )	-0,568		
Вилучення води в	0,698	Економічне навантаження на	32,7

сільськогосподарському секторі як відсоток від загального водозабору (x <sub>4</sub> )		водні ресурси G2	
Вилучення промислової води як відсоток від загального водозабору (x <sub>5</sub> )	-0,980		

«Продовження таблиці 2.5»

1	2	3	4
Муніципальний водозабір як відсоток від загальної кількості водозабору (x <sub>6</sub> )	0,732		

*Джерело: складено автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>*

Як видно з табл. 2.5, перша головна компонента аналізу водозабезпечення має дещо більший вплив на досліджуване явище. Отже, вихідні 7 показників трансформовано у 2 головні компоненти без значного зменшення інформативності вибірки, ці показники описують 67,4% варіабельності ознак.

Для порівняння водозабезпечення населення за країнами європейського регіону, доцільно проаналізувати значення обох головних компонент для окремих країн, тобто кількісні значення зв'язку виділених факторів з об'єктами. Обидва фактори є дестимуляторами, тобто їх позитивні значення показують гірші можливості країн, негативні – кращі.

**Таблиця 2.6 – Індивідуальні значення компонент**

Країни	G1	G2
Білорусь	0,456	0,692

Болгарія	-1,350	-0,584
Бельгія	-0,843	-0,851
Велика Британія	0,195	1,530
Греція	-1,464	1,286
Данія	-0,524	1,756
Естонія	-0,804	-1,689
Швеція	0,953	0,061

«Продовження таблиці 2.6»

1	2	3
Польща	-0,731	-0,364
Іспанія	-1,877	1,013
Італія	-1,171	0,943
Латвія	1,309	1,172
Литва	0,829	0,887
Молдова	0,592	-0,953
Нідерланди	0,138	-1,770
Німеччина	-0,463	-0,814
Франція	-0,540	-0,371
Хорватія	2,052	0,691
Чехія	-0,306	0,078
Румунія	0,754	-0,562
Сербія	-0,527	-0,637
Словаччина	1,374	0,241
Словенія	0,832	-0,998
Угорщина	0,863	-1,061
Україна	0,253	0,302

Джерело: власні розрахунки автора за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>

Виділено чотири групи країн за значеннями індивідуальних компонент:

- обидва фактори позитивні, туди входить 8 країн (Україна серед них) – це країни, що мають високий ступінь залежності від наявності води та високе економічне навантаження на водні ресурси;

- компонента G1 (-), компонента G2 (+), входить 5 країн, в яких виявлено незалежність від водних ресурсів, але значне економічне навантаження на них;

- обидва фактори негативні, виділено 7 країн, які є незалежними у питаннях, що пов'язані з наявністю води та економічне навантаження на водні ресурси не є значними. Водозабезпечення населення цих країн є на високому рівні;

- компонента G1 (+), компонента G2 (-), 5 країн з залежністю від водних ресурсів, однак незначним навантаження на них.

**Таблиця 2.7 – Розподіл країн за індивідуальними значеннями компонент**

G1	G2		Разом
	+	-	
+	Білорусь Велика Британія Швеція Латвія Литва Хорватія Словаччина Україна	Молдова Нідерланди Румунія Словенія Угорщина	13

-	Греція Данія Іспанія Італія Чехія	Болгарія Бельгія Естонія Польща Німеччина Франція Сербія	12
Разом	13	12	25

Джерело: складено автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>

Графічно розподіл помітно на рисунку 2.1.

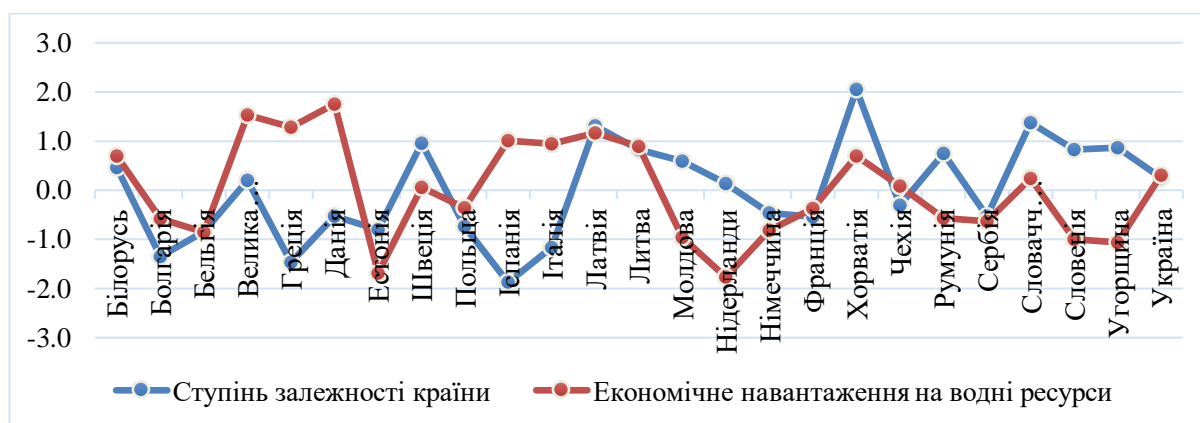


Рисунок 2.1 - Графічне представлення індивідуальних значень головних компонент для кожної країни.

Джерело: побудовано автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>

Відповідно до даних з табл. 2.6 доцільно перегрупувати країни за індивідуальними значеннями компонент.

**Таблиця 2.8 – Групи країн за ступенем залежності**

Країна	Кращі можливості країни	Країна	Гірші можливості країни
Іспанія	-1,877	Нідерланди	0,138
Греція	-1,464	Велика Британія	0,195
Болгарія	-1,35	Україна	0,253
Італія	-1,171	Білорусь	0,456
Бельгія	-0,843	Молдова	0,592
Естонія	-0,804	Румунія	0,754
Польща	-0,731	Литва	0,829
Франція	-0,54	Словенія	0,832
Сербія	-0,527	Угорщина	0,863
Данія	-0,524	Швеція	0,953
Німеччина	-0,463	Латвія	1,309
Чехія	-0,306	Словаччина	1,374
		Хорватія	2,052

*Джерело: складено автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>*

З табл. 2.8 помітно, що країна, якій вдалося власних водних ресурсів і котра не залежить від країн-сусідів, тобто явний лідер – це Іспанія. Аутсайдером цієї групи стала Чехія. Щодо другої групи, то найкраща з найгірших – Нідерланди, найвищий ступінь залежності спостерігається в Хорватії. Україна потрапила до групи країн з гіршими можливостями, оскільки вона не вдалося забезпечена власними водними ресурсами, однак ця країна не займає найгірших позицій, лише 3 в списку з 13 країн, що потрапили до даного переліку.

Графічно поділ країн зображено на рис.2.2.



**Рисунок 2.2 – Графічне представлення поділу країн відповідно до ступеня залежності.**

Джерело: побудовано автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>

Аналогічно представлено країни за розміром економічного навантаження на водні ресурси (рис.2.3).



**Рисунок 2.3 – Графічне представлення поділу країн відповідно до економічного навантаження на водні ресурси.**

Джерело: побудовано автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>

У 13 країн виявлено значне економічне навантаження, Україна на 4 місці.

**Таблиця 2.9 – Результати компонентного оцінювання**

Показники	Країна	Ступінь залежності країни	Економічне навантаження на водні ресурси
Нижче середнього	Болгарія	-1,4	-0,584
	Бельгія	-0,8	-0,851
	Естонія	-0,8	-1,689
	Польща	-0,7	-0,364
	Франція	-0,5	-0,371
	Сербія	-0,5	-0,637
	Німеччина	-0,5	-0,814
Вище середнього	Велика Британія	0,2	1,530
	Україна	0,3	0,302
	Білорусь	0,5	0,692
	Литва	0,8	0,887

«Продовження таблиці 2.9»

1	2	3	4
	Швеція	1,0	0,061
	Латвія	1,3	1,172
	Словаччина	1,4	0,241
	Хорватія	2,1	0,691

*Джерело: складено автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>*

7 країн з 25 досліджуваних можна охарактеризувати як країни, водозабезпеченість населення яких найкраща. Тобто лише в Болгарії, Бельгії, Естонії, Польщі, Франції, Сербії та Німеччині немає проблем ні з залежністю від водних ресурсів, ні з економічним навантаженням на них. Населення в

наступних країнах з табл. 2.9 мають певні проблеми в сфері управління водними ресурсами. Україна серед них.

**Таблиця 2.10 – Розподіл країн за компонентами, знаки оцінок яких протилежні**

Країна	Ступінь залежності країни	Економічне навантаження на водні ресурси
Іспанія	-1,9	1,013
Греція	-1,5	1,286
Італія	-1,2	0,943
Данія	-0,5	1,756
Чехія	-0,3	0,078
Нідерланди	0,1	-1,770
Молдова	0,6	-0,953
Румунія	0,8	-0,562
Словенія	0,8	-0,998
Угорщина	0,9	-1,061

*Джерело: складено автором за даними глобальної інформаційної системи AQUASTAT: <https://www.fao.org/aquastat/ru/databases/maindatabase/>*

Дані країни є «посередніми», оскільки для одних перша компонента є показовою, для інших – друга.

Використання методу головних компонент дозволило систематизувати та комплексно оцінити у порівняльному аспекті водозабезпечення населення за країнами європейського регіону. Відповідно до головних компонент виділених в ході аналізу Естонія посідає перше місце серед країн Європи.

Якщо аналізувати компоненти окремо, то безпосереднім лідером за ступенем незалежності країни від водних ресурсів є Іспанія, а найменше економічне навантаження спостерігається в Нідерландах.

Щодо України, то перша компонента віднесла її до країн з показниками вище середнього, тобто дана країна в певній мірі є залежною від водних

ресурсів, однак порівнюючи з деякими країнами – не катастрофічно. Значення другої компоненти аналогічне першій, Україна в списку країн, де економічне навантаження на водні ресурси є значним.

Отже, результати даного аналізу можна вважати вдалими, оскільки вдалося їх проінтерпретувати, виходячи із смислу показників, які характеризують виділені фактори. Цей етап роботи є надзвичайно відповідальним, оскільки вимагає досвіду аналізу та чіткого уявлення про аналізовані змінні.

### **3. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ НАЯВНОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ**

#### **3.1 Статистичне оцінювання динаміки рівня використання і відведення водних ресурсів України**

Водні ресурси в системі забезпечення сталого розвитку України є стратегічним і життєво важливим природним ресурсом. Значний водоресурсний потенціал нашої держави тривалий час використовувався нераціонально, що пов'язано з уявленням про його невичерпність [21]. Тому станом на сьогодні є необхідність формування і здійснення державної політики сталого водокористування, яка дасть змогу вирішити комплекс нагальних проблем.

Найбільш ефективною стратегією охорони водних об'єктів є запобігання виникненню забруднення на початкових стадіях процесу виробництва, завдяки ефективному організаційно-економічному механізму шляхом стимулювання водокористувачів до раціонального використання водних ресурсів [12].

Для цього необхідна своєчасна об'єктивна і повна статистична інформація про стан, використання, забруднення, охорону та відтворення водних ресурсів. Ці питання законодавчо закріплені Водним кодексом України [9]. Зокрема, зазначається, що завданням державного обліку вод є встановлення відомостей про їх кількість та якість, а також водокористування, на основі яких здійснюється розподіл води між водокористувачами, розробляються заходи щодо раціонального використання й охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Державний облік здійснюється з метою систематизації даних про забір та використання вод, скидання зворотних вод і забруднюючих речовин, наявність систем оборотного водопостачання та їх потужність, а також діючих систем очищення стічних вод і їх ефективність тощо. Державний облік та аналіз стану водних ресурсів здійснюються шляхом подання водокористувачами звітів про водокористування до державних органів водного господарства за встановленою

формою державної статзвітності "Звіт про використання води" 2-тп (водгосп). Ця форма звіту, порядок її заповнення та періодичність подання затверджуються Державною службою статистики України за поданням Державного комітету України по водному господарству та погодженням з Міністерством екології та природних ресурсів України.

У статистичному збірнику «Довкілля» надається інформація про основні показники використання і відведення води (Додаток Б), показники наведені на рисунку 3.1.

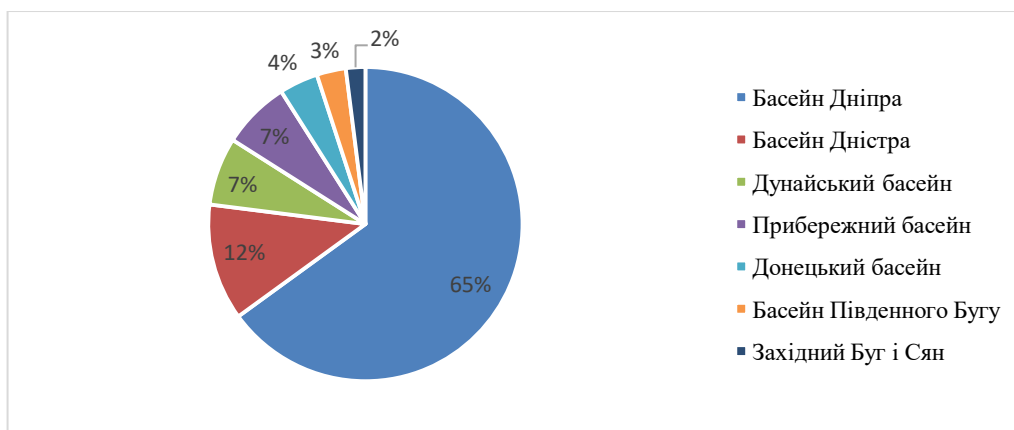


**Рисунок 3.1 - Основні показники використання і відведення води, млн м<sup>3</sup>**

*Джерело: побудовано автором на основі статистичного збірника довілля України*

Загальні показники використання води містять відомості про великі водозабори та скиди стічних та інших вод басейнів основних річок [23].

Водні об'єкти України вкривають 24,2 тис. кв. км – це 4,0 % від її загальної території. До цих об'єктів належать річки, озера, водосховища, ставки, канали тощо [15]. Загальних запасів води, що формуються на території країни на одного жителя припадає 710 м<sup>3</sup>/рік. В той же час як мінімальна питома норма, за визначенням Європейської економічної комісії ООН, складає 1500 м<sup>3</sup>/рік. За даними Продовольчої і сільськогосподарської організації Об'єднаних Націй, ресурси поверхневих і підземних вод України може бути розділено на сім основних річкових басейнів (басейни Дніпра, Дністра, Дунаю, Прибережний басейн, Донецький, басейн Південного Бугу, Західний Буг і Сян), всі вони впадають у Чорне море, окрім Західного Бугу, який тече до Балтійського моря.



**Рисунок 3.2 – Основні річкові басейни України, %.**

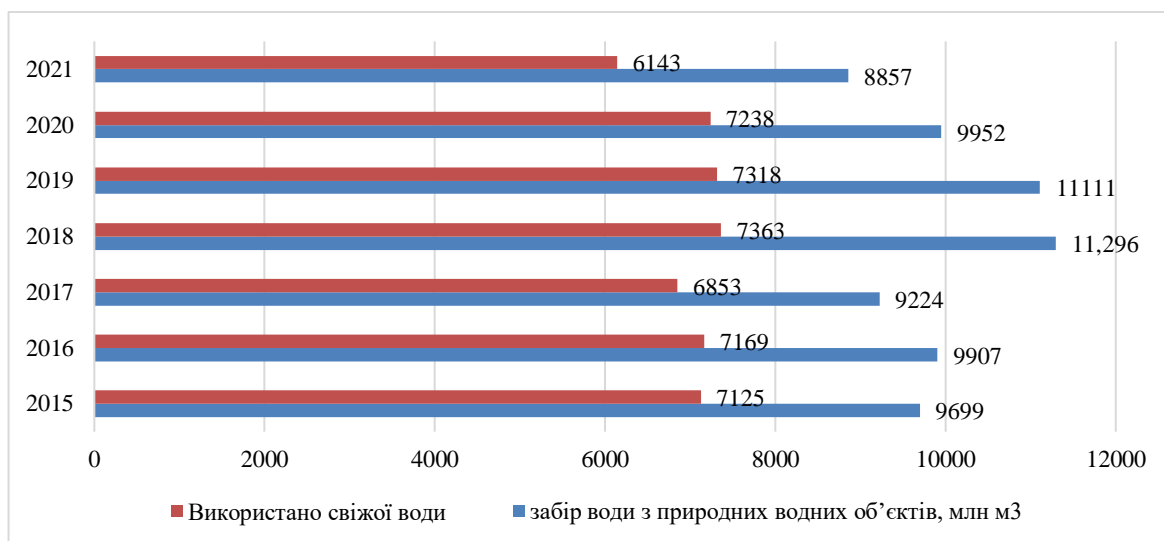
*Джерело: побудовано автором за даними державного агентства водних ресурсів України: <https://www.davr.gov.ua/>*

Питне водопостачання країни на 75% забезпечується за рахунок поверхневих вод. В той же час більшість басейнів річок можна віднести до забруднених та дуже забруднених. Більш чистими є підземні води. Однак, як слідує з Закону України «Про загальнодержавну програму «Питна вода України», не зважаючи на те, що у наш час використовується тільки 17% прогнозних ресурсів підземних вод, до 30 відсотків населення України не забезпечено централізованим водопостачанням, а майже 1200 населених пунктів частково чи повністю забезпечуються привізною питною водою. Це

свідчить не стільки про технічну відсталість у сфері водопостачання, а пов'язано у першу чергу з недоступністю джерел якісної питної води, тобто - про відчуженість населення від джерел якісної води.

Господарський комплекс, який станом на сьогодні функціонує в Україні, потребує значних обсягів води. Задоволення потреби комплексу здійснюється за рахунок забору води з природних водних джерел (20%) і вод, залучених в оборотні та повторно-послідовні системи (80%). На рис. 3.3 представлено динаміке забору води з природних водних джерел за 2015–2021 рр.

Отже, помітно, що найбільш «водозатратними» роками були 2018 та 2019. Забір води становив понад 11 000 млн м<sup>3</sup>. Однак, надалі помітна тенденція до зменшення забору води, в 2021 році даний показник знизився майже на 28% порівняно з 2018 роком. Показник використання свіжої води теж знизився до свого мінімального рівня у 2021 року. Перш за все, тут можна завдячувати Цілі 6 (Clean Water and Sanitation) Цілей сталого розвитку. За декілька років, суспільство зрозуміло та осягнуло цю проблему та почало ефективніше використовувати водні ресурси, що спричинило їх менший забір.

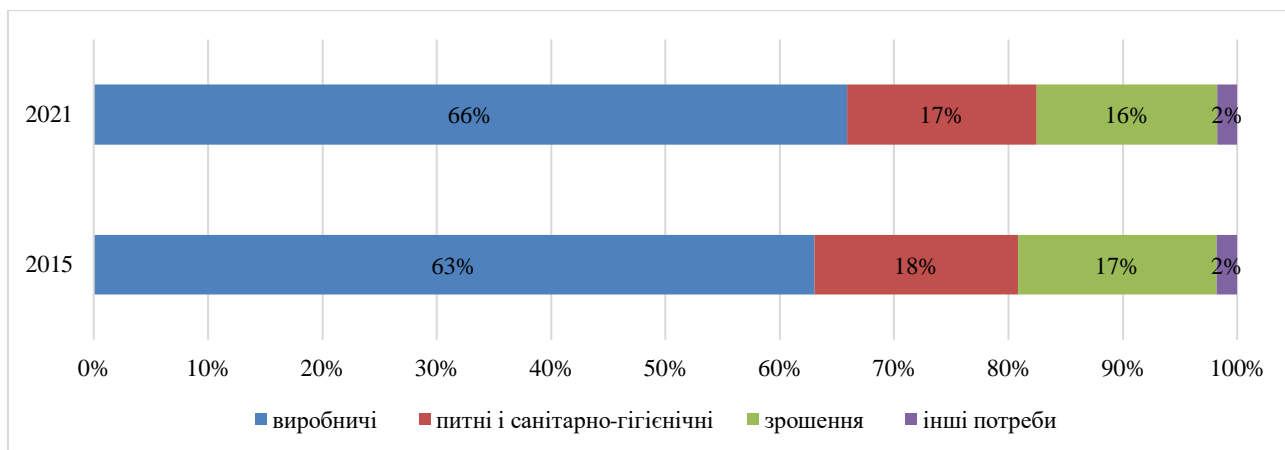


**Рисунок 3.3 – Динаміка забору води з природних водних джерел і використання свіжої води в Україні за 2015–2021 рр.**

*Джерело: побудовано автором на основі статистичних збірників довідки України*

Структура споживання свіжої води в Україні поділяється на виробничі, питні і санітарно-гігієнічні, зрошення та інші потреби. За досліджуваний період секторальна структура змінилася незначно (рис. 3.4). Однак помітно, що частка споживання води на виробничі потреби зросла, виробництво є головним водоспоживачем. На питні і санітарно-гігієнічні потреби та зрошення частки витрат води зменшилися.

У виробничій сфері використовується понад 50% води, причому це значення перевищує середній світовий рівень в 30%. Підприємства України неефективно використовують наявні водні ресурси, при цьому в галузі енергетики провідну роль визначають підприємства теплової та атомної генерації електроенергії, у виробництві якої використовуються водойми-охолоджувачі зі значними об'ємами води, а також системи оборотного і повторного водопостачання. Деревооброблення, металургія, електроенергетика та нафтохімія – найбільш водоемні галузі промисловості.



**Рисунок 3.4 – Структура споживання свіжої води в Україні у 2015 і 2021 роках.**

*Джерело: побудовано автором на основі статистичних збірників довідки України*

Оскільки вода в Україні значний проміжок часу розглядалась і використовувалась лише як господарський ресурс для виробництва, отримання електроенергії, скидання стічних вод – це призвело до вичерпання природно-

екологічного потенціалу водних ресурсів. Використання води в річкових басейнах наближається до максимальної межі, існує суттєвий дисбаланс між попитом на водні ресурси та їх забезпеченням як за кількістю, так і якістю води [25].

Питання збалансованого водокористування й охорони водних ресурсів у басейнових водогосподарських комплексах України, зменшення водоємності виробничих процесів, пошуку шляхів скорочення безповоротних втрат є доволі вагомим для нас і наших поколінь. Для більш детального розуміння водоспоживання потрібні додаткові дослідження певних аспектів, зокрема щодо обсягів водокористування в різних регіонах та закономірностей, що впливають на їх формування.

### **3.2 Регіональний аналіз водоспоживання**

Статистичне оцінювання ефекту впливу на регіональну водоємність галузевої спеціалізації технологічних процесів водопостачання та виробництва проведено в рамках регресійної моделі на панельних даних. Об'єктом дослідження обрано вісім областей, територією яких протікає річка Дніпро (Київська, Полтавська, Чернігівська, Черкаська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська) та м. Київ.

Для оцінки ступеня ефективності використання водних ресурсів регіону використовується показник водоємності валового регіонального продукту (ВРП). Показник можна дослідити в межах басейну, основні фактори формування та шляхи зниження. Водоємність ВРП визначається як співвідношення питомого обсягу забору води використаної для потреб регіону за певний період на одиницю валового регіонального продукту. Індикатор відображає кількісні й якісні зміни в галузі водного господарства та економіки загалом, його значення відображає об'єктивність і ймовірність цих змін.

Водоемністю у сфері виробництва називають кількість води, яка необхідна для отримання одиниці готової продукції на підприємстві. Витрати води на виробництво залежать від багатьох факторів, ось деякі з них: технічний стан обладнання, якість води, технологічний процес тощо. Атомна енергетика – є найбільшим споживачем води у промисловості. Залежно від виду сільськогосподарських культур та фізико-географічних умов району, витрати води в сільському господарстві можуть відрізнятися, а при зрошувальному землеробстві до цих чинників додається технічний стан зрошувальних систем та спосіб поливу. У житлово-комунальній сфері показником водоемності є питоме водоспоживання, тобто витрати води на задоволення питних і господарсько-побутових потреб на одного жителя за добу.

При дослідженні панельних даних за тривалий період часу можна відслідкувати тенденції розвитку не лише окремих об'єктів, а й у цілому. За допомогою змінної часу  $t$  тренд функції у враховується в моделі. Однак поряд зі спільним трендом можуть виявитися істотними індивідуальні тренди враховуючи нерівномірність розвитку окремих регіонів. Для їх фільтрації використано змінні динамічної взаємодії: для факторів –  $x_{it}$ , для об'єктів –  $u_{jt}$ .

З урахуванням вище наведених особливостей регресійну модель на панельних даних можна записати так:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i=1}^m c_i x_i t + \sum_{j=1}^{n-1} a_j u_j + \sum_{j=1}^{n-1} d_j u_j t + f t \quad (3.1)$$

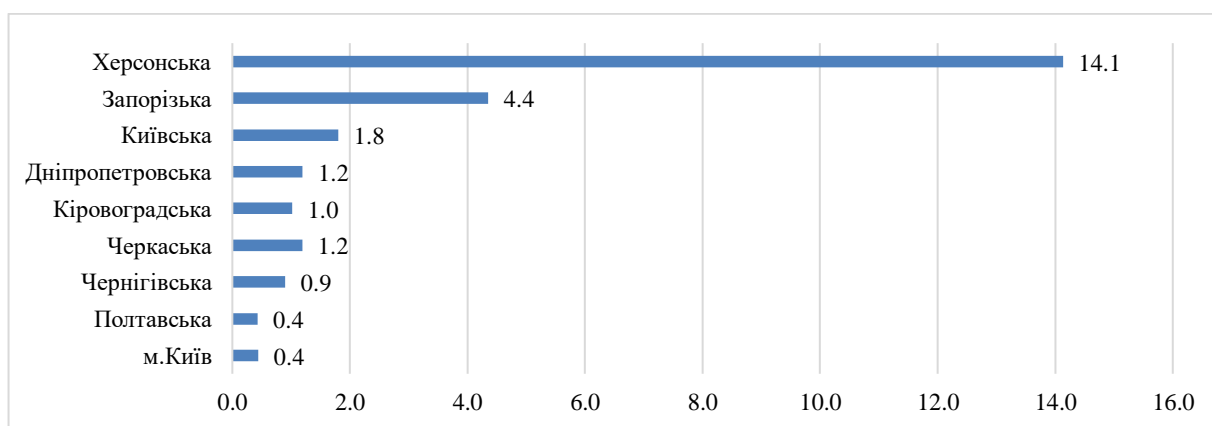
Параметри моделі вимірюють:  $b_i$  — чистий, елімінований від взаємозв'язків у межах моделі, ефект впливу фактора  $x_i$ ,  $c_i$  — зміну ефектів впливу  $b_i$  у часі,  $a_j$  — різницю між значеннями функції на  $j$ -му об'єкті та в цілому по сукупності,  $d_j$  — зміну цих відмінностей у часі,  $f$  — спільний для всіх об'єктів сукупності тренд — вплив неідентифікованих в моделі факторів,  $a_0$  — вільний член рівняння. Для кожного  $j$ -го об'єкта вільний член рівняння дорівнює сумі  $(a_0 + a_j)$ ; на відміну від  $a_0$  сума має економічний зміст — вимірює вплив факторів, які визначають специфіку цього об'єкта.

Параметри регресійної моделі розглядаються як міра «очищеного» впливу відповідного фактора  $x_i$  на  $y$  — ефект впливу. Модель об'єкто-періодів

складається з двох груп параметрів: перша група включає оцінки впливу факторів та зміну їх у часі, а друга група параметрів відображає особливості сукупності та характер розвитку окремих об'єктів.

Протягом останніх десятиліть господарський комплекс у басейні Дніпра розвивався без урахування екологічних та економічних наслідків для України. Найбільші водосховища (каскад із шести водосховищ) створено на Дніпрі, через це сильно порушилася екологічна та економічна рівновага і повністю змінилися умови водообміну. На території басейну Дніпра розміщені значні споживачі води, зокрема промислові підприємства, великі міста, об'єкти атомної енергетики та зрошувані землі. Щорічно з Дніпра відбирається майже 10 млрд м<sup>3</sup> води для потреб господарського комплексу, а понад 5 млрд м<sup>3</sup> недостатньо очищеної води викидається назад. Також різко знизило якість водоресурсного потенціалу і спричинило кризовий екологічний стан окремих територій басейну надмірне антропогенне навантаження, яке ще й посилене наслідками Чорнобильської катастрофи.

Рисунок 3.5 демонструє, що спостерігається значна варіація водоемності валового регіонального продукту у розрізі адміністративно-територіальних одиниць басейну Дніпра.



**Рисунок 3.5 – Водоемність валового регіонального продукту у 2021 р.**

*Джерело: розраховано автором на основі даних статистичних збірників довкілля України*

Це пов'язано з наступними факторами: відмінність систем технічного водопостачання на промислових підприємствах, різний потенціал промислового виробництва, обсяги використання свіжої води у сільськогосподарському водопостачанні та комунальному господарстві, відсутність в деяких регіонах сучасних систем водопостачання, як наслідок втрачаються більші обсяги води та підвищується водоємність окремих виробництв.

Херсонська область має найвищий рівень водоємності ВРП, ймовірно, через безповоротний забір води для зрошення та втрати води через старіючу зрошувальну інфраструктуру, фізичне зношення насосних станцій, каналів і трубопроводних мереж. У Запорізькій області водоємність ВРП на рівні  $4,4\text{м}^3/1000$  грн зумовлена, переважно, значними потужностями енергетичної галузі. Такий розвиток водокористування є неперспективним, та зумовлює необхідність оптимізації системи водокористування. Для цього необхідно використовувати новітні маловодні технології виробництва та запроваджувати ефективний економічний механізм регулювання водокористування.

Як підсумок вище наведеного – водоємність ВРП доволі сильно залежить від галузевої специфіки регіону, забору води з природних водних об'єктів, обсягів водовідведення і потужності очисних споруд. Для оцінювання впливу факторів на водоємність ВРП створена регресійна модель на основі панельних даних. Інформаційна база складається з даних, зібраних за 7 років (2015–2021 рр.) по 8 областям та місту Київ. До ознакового простору моделі включені такі фактори:

$x_1$  – забір води з природних водних об'єктів, млн  $\text{м}^3$ ;

$x_2$  – загальне водовідведення, млн  $\text{м}^3$ ;

$x_3$  – потужність очисних споруд, млн  $\text{м}^3$ .

Для оцінки тенденцій ефектів впливу кожного з цих факторів введені змінні динамічної взаємодії  $x_{jt}$ . Нетипові регіони, в яких найбільший обсяг спожитої води – Запорізька і Херсонська – виділені в моделі *dummy*-змінними  $u_j$ , їх індивідуальні тренди – змінними динамічної взаємодії  $u_{jt}$ . Також включено

до моделі загальний тренд водоемності ВРП змінну  $t$ . Параметри моделі визначені за процедурами модуля Multiply Regression пакету Statistica. В таблиці 3.1 наведено значення параметрів моделі.

Ефекти впливу усіх включених в модель факторів виявилися істотними. За значеннями  $b$ -коефіцієнтів можна зробити висновок, що найбільший вплив на зменшення водоемності ВРП має загальне водовідведення, тоді як вплив потужності очисних споруд є менш помітним. Збільшення обсягів забору води з природних водних об'єктів призводить до зростання водоемності ВРП. Також істотність параметрів при  $dummy$ -змінній  $a_j$  підтверджує певну специфіку водоспоживання в областях з високим рівнем водоемності. Загальний тренд водоемності ВРП також виявився істотним, і це свідчить про наявну тенденцію зменшення регіональної водоемності за рахунок інших, не включених до моделі факторів.

**Таблиця 3.1 – Параметри регресійної моделі водоемності ВРП у басейні Дніпра**

Regression Summary for Dependent Variable: vrp (Spreadsheet11) R= ,96997887 R <sup>2</sup> = ,94085901 Adjusted R <sup>2</sup> = ,93567120 F(5,57)=181,36 p						
	<b>b*</b>	<b>Std.Err. - of b*</b>	<b>b</b>	<b>Std.Err. - of b</b>	<b>t(57)</b>	<b>p-value</b>
<b>Intercept</b>			4,513803	0,997863	4,52347	0,000031
<b>x<sub>1</sub></b>	0,811209	0,067109	0,015177	0,001256	12,08795	0,000000
<b>x<sub>2</sub></b>	-0,281635	0,057526	-0,010335	0,002111	-4,89575	0,000008
<b>x<sub>3</sub></b>	-0,164301	0,051449	-0,006191	0,001939	-3,19348	0,002290
<b>t</b>	-0,143853	0,032822	-0,833535	0,190181	-4,38285	0,000051
<b>u</b>	0,215832	0,063958	7,512168	2,226098	3,37459	0,001335

*Джерело: власні розрахунки автора за даними статистичних збірників довідки України*

Про адекватність регресійної моделі реальному процесу водоспоживання в басейні Дніпра свідчить коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,94$  та значення критерія Дарбіна – Ватсона  $D-W = 0,95$

Ефекти впливу різняться за напрямом впливу: загальне водовідведення і потужність очисних споруд сприяють зменшенню водоємності ВРП, а зі збільшенням обсягу забору води з природних водних аналізованих показник зростає. Коефіцієнти регресії  $b_i$  традиційно інтерпретуються як чисті ефекти впливу факторів, що включені до моделі. Значимість параметрів  $a_1$  та  $a_2$  підтверджує відмінність регіонів, що представлені у моделі за допомогою думпу-змінних. За рахунок специфічних умов господарювання, водоємність у Херсонській області вища за середнє значення за всіма регіонами на  $7,51 \text{ м}^3/\text{грн}$ .

Параметр при змінній динамічній взаємодії також виявився істотним, тобто вплив включених до моделі факторів за період 2015–2021 рр. змінюється.

Пріоритетом у розвитку країни має бути раціональне використання водних ресурсів, а перспективним напрямом ефективного використання водних ресурсів слід визнати зменшення водоємності виробництва. На сьогоднішній день водоємність валового національного продукту перевищує відповідний показник розвинених країн у 3-7 разів, що робить її неконкурентоспроможною як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Україна, незважаючи на стан водного стресу за рівнем забезпеченості водою, відзначається надмірним водоспоживанням.

Вектор європейського розвитку, задекларований Україною, потребує відповідних реформ в усіх сферах діяльності. Сюди входить і сфера водокористування. Екологізація системи водокористування вимагає відповідної державної регуляторної політики. Саме це зможе забезпечити структурну модернізацію виробництва з орієнтацією на природозберігаючу складову.

Процеси водокористування повинні відповідати нормативам і стандартам ЄС, а показники, розраховані на основі вітчизняної статистичної інформації, повинні бути порівнянними з показниками ЄС, а також мати стимулювальний характер щодо водозбереження. Отже, необхідне збалансування економічних і екологічних інтересів водокористувачів та стимулювання розвитку водозберігаючих технологій.



## ВИСНОВКИ

Отже, дослідивши тему статистичного аналізу водозабезпеченості населення можна дійти певних висновків.

У різних регіонах світу спостерігається зниження рівня доступності води для населення. Це пояснюється нерівномірним розподілом водних ресурсів на планеті та збільшенням забруднення водних об'єктів.

Раціональне використання водних ресурсів – один з головних факторів розвитку й розміщення продуктивних сил країни. Використання прісної води населенням у великих кількостях, яке становить тисячі мільярдів кубометрів щорічно, є реальною загрозою для екологічної стійкості планети. Аналіз стану водних ресурсів країни дозволяє виявити проблеми та дає змогу визначити пріоритетні напрямки розвитку державної політики.

Одним із завдань роботи була побудова узагальненої, агрегованої оцінки водозабезпеченості населення. Така оцінка враховує якнайбільшу кількість реальних факторів впливу на водозабезпеченість населення.

Для цього використано метод головних компонент, який виявляє приховані першопричини, які пояснюють кореляції між ознаками і змістовно інтерпретуються, вирішує проблему надлишковості інформації, забезпечує адекватність моделі прогнозування реальному процесу. Застосування методу головних компонент для дослідження водозабезпеченості населення дозволяє визначити основні внутрішні фактори водозабезпеченості та встановити їх взаємозв'язок з відповідними індикаторами.

Використання методу головних компонент в аналітичній частині роботи дозволило систематизувати та комплексно оцінити у порівняльному аспекті водозабезпечення населення за країнами європейського регіону.

Виділено два фактори, що впливають на водозабезпеченість населення. Перший названо компонентою ступеня залежності країни, вона при аналізі

водозабезпечення має дещо більший вплив на досліджуване явище, другий – економічне навантаження на водні ресурси. Разом ці показники описують 67,4% варіабельності ознак.

Дослідження показало, що 7 країн з 25 досліджуваних – це країни, водозабезпеченість населення яких найкраща. В Болгарії, Бельгії, Естонії, Польщі, Франції, Сербії та Німеччині немає проблем ні з залежністю від водних ресурсів, ні з економічним навантаженням на них. 10 з 25 країн є «посередніми», оскільки для одних перша компонента є показовою, для інших – друга.

Україна потрапила до країн, в яких висока ступінь залежності від вод сусідніх країн та значне економічне навантаження на водні ресурси.

Якщо узагальнити результати дослідження, то відповідно до головних компонент виділених в ході аналізу Естонія посідає перше місце серед країн Європи у порівнянні водозабезпечення населення. При аналізі компонент окремо, то безпосереднім лідером за ступенем незалежності країни від водних ресурсів є Іспанія, а найменше економічне навантаження спостерігається в Нідерландах.

Щодо України, то перша компонента виявила, що країна є залежною від вод, що надходять в неї, однак порівнюючи з деякими країнами – не катастрофічно. Друга компонента показала, що Україна має значне економічне навантаження на водні ресурси.

Таким чином, розглянувши основні етапи методу головних компонент, можна стверджувати, що за його допомогою можна найповніше врахувати особливості взаємозв'язків між показниками, які характеризують водозабезпечення населення, одержати кількісну оцінку латентних показників й належно інтерпретувати результати.

В третьому розділі роботи представлено аналіз наявності та використання водних ресурсів України. Загалом водні об'єкти України вкривають 24,2 тис. кв. км, що становить 4,0 % від її загальної території (603,7 тис. кв. км). Тому водні природні ресурси України – це, насамперед, місцевий і транзитний стік

річок, водні запаси озер, штучних водойм і підземних горизонтів. Україна потрапляє у групу країн «водного голоду», оскільки на одного жителя припадає 710 м<sup>3</sup>/рік загальних запасів води, що формуються на території країни, в той час як мінімальна питома норма, за визначенням Європейської економічної комісії ООН, складає 1500 м<sup>3</sup>/рік.

Для забезпечення потреб господарського комплексу в Україні на сьогоднішній день потрібні значні обсяги води. Більшість води (80%) отримується через її використання в оборотних та повторно-последовних системах, а решту (20%) через забір води з природних водних джерел.

За результатами аналізу можна зробити висновок, що 2018 та 2019 роки були найбільш «водозатратними», забір води склав понад 11 000 млн м<sup>3</sup>. Проте, спостерігається тенденція до зменшення забору води, і в 2021 році цей показник склав майже на 28% менше, ніж у 2018. Крім того, показник використання свіжої води знизився до мінімального рівня у 2021 році.

Цілком можна завдячувати успіхові поставленій Цілі 6 сталого розвитку, яка стосується чистої води та санітарії. Протягом останніх кількох років громадська свідомість зросла, і люди стали більш ефективно використовувати водні ресурси, що призвело до меншого забору води.

За досліджуваний період секторальний розподіл споживання свіжої води не зазнав значних змін. Проте, очевидно, що частка використання води для виробничих потреб зросла, що робить виробництво основним споживачем води. Ефективне використання водних ресурсів на підприємствах України залишається недостатнім, а особливо в галузі енергетики, де підприємства теплової та атомної генерації електроенергії здійснюють значний забір води для охолодження і використовують системи оборотного та повторного водопостачання. У той же час, частки витрат води на питні і санітарно-гігієнічні потреби та зрошення зменшилися.

Щодо оцінювання ефектів впливу факторів в рамках регресійної моделі на водоемність ВРП, то всі вони виявилися істотними. Найбільший вплив на зменшення водоемності ВРП справляє загальне водовідведення. Щодо

потужності очисних споруд, вплив цього фактору є менш помітним. Якщо обсяги забору води з природних водних об'єктів зростають, то показник водоемності ВРП також збільшується. За рахунок специфічних умов господарювання рівень водоемності у Херсонській області вищий за середній за сукупністю на 7,51 м<sup>3</sup>/грн., що пояснюється безповоротним забором води для зрошення та втратами води через застарілу зрошувальну інфраструктуру, фізичне зношення насосних станцій, каналів та трубопроводних мереж.

Питання раціонального використання природних ресурсів, гармонії взаємодії людини та природи, а також охорони довкілля є надзвичайно важливими в наш час, оскільки стосуються кожного жителя планети і мають вирішальний вплив на майбутнє всього людства. На сьогоднішній день водоемність валового національного продукту в Україні перевищує аналогічний показник розвинених країн у 3-7 разів, що робить нашу країну неконкурентоспроможною як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, незважаючи на стан водного стресу та надмірне водоспоживання.

Наближення України до Європейського Союзу вимагає дотримання відповідних екологічних вимог. Уряд України розпочав реформування системи водного господарства з метою вирішення проблем із водними ресурсами. Ця реформа полягає в заміні централізованої системи управління водними ресурсами на більш гнучку, демократичну та відкриту систему, яка працює за принципом децентралізації за басейновим принципом [17; 19]. Для успішного вирішення водних проблем необхідним є повне та достовірне оцінювання водних ресурсів, що є невід'ємною складовою ефективної політики у даній сфері.

Отже, статистичне вивчення водних ресурсів є важливим для моніторингу та регулювання водокористування. Досягнення цілей сталого розвитку вимагає вжиття комплексу заходів, таких як модернізація виробничого процесу, експорт готової продукції, врахування індикатора водного стресу, запровадження системи інтегрованого басейнового управління водними ресурсами, забезпечення належної кількості та якості води для населення та інших

користувачів, доступ до належних санітарно-гігієнічних засобів та підвищення ефективності водокористування у всіх секторах економіки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://reliefweb.int/report/world/adapt-now-global-call-leadership-climate-resilience?gclid=CjwKCAiA3pugBhAwEiwAWFzwdQHdOxiEseLuIDIfXqaqjdUkE-\\_fWG0iiMx\\_Fx7dJHnHcuE8umm7ZxoCумwQAvD\\_BwE](https://reliefweb.int/report/world/adapt-now-global-call-leadership-climate-resilience?gclid=CjwKCAiA3pugBhAwEiwAWFzwdQHdOxiEseLuIDIfXqaqjdUkE-_fWG0iiMx_Fx7dJHnHcuE8umm7ZxoCумwQAvD_BwE). – Назва з екрану.
2. Aktuelle Themen im Kontext der Entwicklung der modernen Wissenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten, Dresden, 23 Januar 2019, band 7, p. 87-89
3. Competing for Clean Water Has Led to a Crisis [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/freshwater-crisis>. – Назва з екрану.
4. FAO. 2023. AQUASTAT Main Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Режим доступу: [https://tableau.apps.fao.org/views/ReviewDashboard-v1/country\\_dashboard?%3Adisplay\\_count=n&%3Aembed=y&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y&%3Aorigin=viz\\_share\\_link&%3AshowAppBanner=false&%3AshowVizHome=n](https://tableau.apps.fao.org/views/ReviewDashboard-v1/country_dashboard?%3Adisplay_count=n&%3Aembed=y&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y&%3Aorigin=viz_share_link&%3AshowAppBanner=false&%3AshowVizHome=n) - Назва з екрану.
5. Problem: Fresh Water and Oceans in Danger [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.webofcreation.org/Earth%20Problems/water.htm>. – Назва з екрану.
6. VI Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості»: Збірник матеріалів VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Одеса: ОНАХТ, 2015. – 139 с.
7. Water Scarcity | Threats | WWF [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity>. – Назва з екрану.

8. Вода як інструмент концепції більш чистого виробництва: метод. посіб. для оцінки водокористування на підприємствах / розроб. Т. В. Князькова. Київ: Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2016. – Режим доступу: [http://www.recpc.org/wp-content/uploads/2018/02/Methodichka\\_Water.pdf](http://www.recpc.org/wp-content/uploads/2018/02/Methodichka_Water.pdf) - Назва з екрану.
9. Водний кодекс України : прийнятий Верховною Радою України 6 черв. 1995 р. № 213/95-ВР – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> – Назва з екрану.
10. Данилко В. Статистичний аналіз використання та охорони водних ресурсів в Україні / В. Данилко, С. Данилко // Економіка природокористування і охорони довкілля. - 2011. - № 2011. - С. 80-86.
11. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" від 23 жовтня 2000 р № 2000/60/ЄС – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962) – Назва з екрану.
12. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 200 с.
13. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2001. — 170 с.
14. Єріна А. М., Українець М. П. Застосування регресійних моделей на панельних даних у регіональному аналізі водоспоживання // Статистика України. 2018. № 3. С. 6–14.
15. Зацерковний В. Аналіз системи управління водогосподарським комплексом України та пошук шляхів щодо її вдосконалення/ В. Зацерковний, Л. Плічко // Наукоємні технології № 4 (36), 2017. - С. 87-97.
16. Левковська Л. В. Концептуальні засади економічної оцінки водних ресурсів у системі природного багатства України / Л. В. Левковська, А. М. Сундук // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Сер. : Економічні науки. - 2014. - № 7. - С. 19-31.

17. Матвійчук О. В. Методологічні аспекти еколого-економічного оцінювання використання водних ресурсів / О. В. Матвійчук // Інвестиції: практика та досвід. - 2015. - № 21. - С. 74-78.
18. Маценко О.М. Соціо-еколого-економічні індикатори сталого водокористування / О.М. Маценко, О. І. Маценко, С. О. Кальченко // Механізм регулювання економіки. – 2016. - №3. – С. 19-30.
19. Мепаршвілі Х. Н. Управління водними ресурсами на засадах спільної політики України та Європейського союзу :дис. ... д-ра філ. : 25.00.02 / «Інститут законодавства Верховної ради України» - Київ, 2019 - 190с.
20. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання // Мін. рег. розв., буд. та жит-ком. госп. України. – Київ, 2019. – С. 351. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> – Назва з екрана.
21. Патон Б. Є. Національна парадигма сталого розвитку України / Б. Є. Патон. // К.: Державна установа "Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України", 2012. – 72 с.
22. Симоненко В.К Водні ресурси як об'єктивна потреба людства / В. К. Симоненко // Раціональне використання водних ресурсів як фактор забезпечення національної безпеки України. – Київ, 2012 – С. 37-56.
23. Статистичний збірник довілля України [Електронний ресурс] / Держ. служба статистики України. – Київ : Держаналітінформ. – [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv\\_u/07/Arch\\_dov\\_zb.htm](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/07/Arch_dov_zb.htm) – Назва з екрану.
24. Судук О. Ю. Аналіз та визначення індикатора водного стресу в Україні в умовах глобалізації / О. Ю. Судук, К. М. Федина // Збалансоване природокористування. - 2018. - № 2. - С. 62-66.
25. Фридман А. А. Модели экономического управления водными ресурсами. Москва: Изд. дом ВШЕ, 2012. 274 с
26. Цілі Сталого Розвитку: Україна. Режим доступу: [www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku.../tsili-staloho-rozvytku](http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku.../tsili-staloho-rozvytku) - Назва з екрану.

27. Яковлєв В.В. Перспективні джерела природних вод для питного водопостачання України, їх охорона та раціональне використання : дис. ... д-ра геол. наук : 21.06.01 / Валерій Володимирович Яковлєв ; ДВНЗ «Харк. Нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна» - Харків, 2017. – 351 с.

28. Яроцька О. Система критеріїв та показників оцінки ефективності водокористування / О. Яроцька // Економіка природокористування і охорони довкілля. - 2015. - С. 146-155.