

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівська політехніка»

**БЕЗПЕКА ВОДОКОРИСТУВАННЯ: ФАКТОРИ
ВПЛИВУ ТА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ
МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ**

Монографія

Чернігів 2023

УДК 574.5;572.1/.4, 001.892:[502.51:504+338.23:628.1]

Б39

Рекомендовано до друку вченою радою Національного університету
«Чернігівська політехніка» (протокол № 1 від 27 січня 2023 року).

Авторський колектив:

Кичко І. І., Маргасова В. Г., Виговська В. В., Дерій Ж. В.,
Пристапа А. Л., Холодницька А. В.

Рецензенти:

Вдовенко Н. М., доктор економічних наук, професор, заслужений працівник
сільського господарства України, завідувач кафедри глобальної економіки
Національного університету біоресурсів і природокористування України;

Ткаленко С. І., доктор економічних наук, професор, професор кафедри
європейської економіки і бізнесу КНЕУ ім. Вадима Гетьмана.

**Безпека водокористування: фактори впливу та еколого-економічний
Б39 механізм реалізації :** монографія / І. І. Кичко, В. Г. Маргасова,
В. В. Виговська, Ж. В. Дерій, А. Л. Приступа, А. В. Холодницька. –
Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 124 с.

ISBN 978-617-7932-58-0

У монографії сформульовано нові підходи до визначення змістовного наповнення еколого-економічного механізму безпеки водокористування, що враховують концепцію сталого розвитку, необхідність забезпечення соціально-економічного зростання та національної безпеки. Проведено комплексний аналіз, узагальнено практику управління водними ресурсами в зарубіжних країнах та на цій основі запропоновано шляхи раціоналізації водокористування в Україні. З'ясовано взаємозумовленість базових факторів антропогенного впливу на гідросферу, трудовий потенціал і на цій основі обґрунтовано значущі положення водокористування та їхню роль в економічному розвитку. Обґрунтовано, що дія механізму спрямована на зменшення антропогенного впливу на гідросферу, підвищення якості води, запобігання руйнації природних екосистем.

Визначено економічні, екологічні, фінансові важелі безпечного водокористування, обґрунтовано структуру мережі автономних автоматизованих станцій екологічного моніторингу шляхом комбінації відновлювальних джерел енергії.

На основі аналізу сучасних інформаційно-вимірювальних технологій, методів та засобів обробки та передачі інформації, технологій виробництва енергії на основі відновлювальних джерел запропоновані структурні схеми автономних автоматизованих станцій моніторингу, які забезпечують автоматичні вимірювання, збір та бездротову передачу вимірної інформації, її збереження та відтворення на сайті.

УДК 574.5;572.1/.4, 001.892:[502.51:504+338.23:628.1]

ISBN 978-617-7932-58-0

© Національний університет
«Чернігівська політехніка», 2023

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| ВСТУП | 4 |
| | |
| Розділ 1. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ В УМОВАХ АНТРОПОТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ГІДРОСФЕРУ | 5 |
| 1.1. Систематизація базових факторів антропогенного впливу на стан водних ресурсів..... | 5 |
| 1.2. Вивчення світового досвіду водокористування, регулювання якості питної води та її вплив на трудовий потенціал | 10 |
| 1.3. Сучасні підходи до водокористування з дотриманням принципів водної безпеки в Україні..... | 27 |
| | |
| Розділ 2. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ | 34 |
| 2.1. Оцінка рівня забруднення водних об'єктів Чернігівської області за гідрохімічними показниками | 34 |
| 2.2. Еколого-економічна оцінка водокористування в басейнових водогосподарських комплексах | 40 |
| 2.3. Раціональне водокористування та водоспоживання у процесі інтенсифікації сільськогосподарської діяльності | 47 |
| | |
| Розділ 3. АВТОМАТИЗОВАНІ СТАНЦІЇ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ | 55 |
| 3.1. Структурні схеми сучасних станцій автоматизованого моніторингу..... | 57 |
| 3.2. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії для живлення автономних станцій моніторингу | 64 |
| 3.3. Розрахунок параметрів комбінованого блока живлення автономних станцій моніторингу..... | 76 |
| | |
| Розділ 4. НАПРЯМИ СТИМУЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ КРАЇНИ | 91 |
| 4.1. Раціональне водокористування в контексті забезпечення населення України якісною питною водою, збереження здоров'я та тривалості життя | 91 |
| 4.2. Суперечності та тенденції водокористування в Україні..... | 95 |
| 4.3. Стратегічні вектори розвитку фінансових та інформаційних технологій для створення необхідних стимулів для запровадження принципів екологічної безпеки й раціонального водокористування..... | 103 |
| 4.4. Варіативність впровадження ефективних фінансових інструментів для покриття заподіяної шкоди у процесі водокористування | 109 |
| | |
| ВИСНОВКИ | 117 |
| | |
| ДОДАТОК | 119 |

ВСТУП

Збереження та відновлення водних ресурсів є одним із пріоритетних завдань соціально-економічної політики та забезпечення еколого-економічної безпеки держави, рівень якої суттєво зменшується внаслідок воєнних дій в Україні, зростаючого забруднення водних ресурсів шкідливими викидами, промисловими і комунально-побутовими стоками, неефективного використання об'єктів водоохоронного призначення, високої водомісткості ведення сільського господарства, виробництва.

При розробці механізмів забезпечення раціонального водокористування пріоритетними є організація конкретних дій, моніторинг та уточнення економічної політики у світлі екологічних пріоритетів та питань безпеки. Важливими в зазначеному контексті є організація роботи щодо виявлення, запобігання ризиків та загроз погіршення якості води.

Збільшення антропогенного навантаження на довкілля підвищує рівень актуальності вирішення критичних соціально-економічних проблем збереження природних ресурсів, безпеки водокористування з метою задоволення потреб сучасного та наступних поколінь.

Ця робота присвячена дослідженню наявного механізму еколого-економічного управління водними ресурсами, обґрунтуванню напрямів підвищення його ефективності, адаптації в національну практику кращого світового досвіду та підвищення ефективності системи екологічного моніторингу.

Робота виконана в межах держбюджетної теми «Прикладна розробка еколого-економічного механізму забезпечення безпеки водокористування в умовах антропотехногенного навантаження на гідросферу».

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ В УМОВАХ АНТРОПОТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ГІДРОСФЕРУ

1.1. Систематизація базових факторів антропогенного впливу на стан водних ресурсів

При здійсненні економічної діяльності в Україні вода розглядалася переважно як ресурс, а не основа життєдіяльності суспільства, що і стало однією з передумов суттєвого погіршення кількісних та якісних параметрів водних ресурсів.

Забезпечення споживачів водою є пріоритетним завданням соціально-економічної політики для України, особливо для Чернігівщини, де останні десятиліття спостерігається стрімка тенденція природного скорочення чисельності населення.

За запасами поверхневих і підземних вод Україна серед європейських країн посідає одне з останніх місць (1 тис. м³ води на одного жителя). Наприклад, водозабезпеченість населення в Австралії становить 7,7 тис. м³/людину, в Естонії – 7 тис. м³/людину, Великій Британії – 5, 0 тис. м³/людину, а в Україні – лише 1,1 тис. м³/людину [1, с. 10]. Крім того, Україна має нерівномірний територіальний розподіл водних ресурсів, обмеженість водних ресурсів власного формування (50 млрд м³/рік), у тому числі 21 млрд м³/рік підземних вод питної якості є захищеними від прямого техногенного забруднення (крім ґрунтових вод) [2]. За багаторічними дослідженнями в Україні ресурси поверхневого стоку становлять 95,2 млрд м³/рік, з яких місцевий стік становить 54,7 млрд м³/рік, а решта - приплив. У маловодний рік ресурси поверхневого стоку становлять приблизно 75 % від зазначених показників. Приплив здійснюється з Білорусі (58 % від загального обсягу припливу), Росії (26 %), Молдови, Угорщини, Польщі [3].

Частково вирішення проблеми нерівномірності забезпечення водними ресурсами здійснюється шляхом створення водосховищ, ставків, каналів, водоводів великого діаметра тощо [4]. Водосховища і ставки утримують об'єм води, який перевищує водні ресурси країни і займають 4759 км² площі й утримують 11,4 км³ води. Значні водні ресурси зосереджені в озерах (об'єм прісної води в озерах становить 2,3 км³, а солоної – 86 км³).

Населення України вже відчуває дефіцит питної води в окремих регіонах, а за запасами водних ресурсів, доступних до використання, є малозабезпеченою, оскільки в розрахунку на одну особу споживання становить орієнтовно 1 тис. м³ води на рік. За цим показником Україна знаходиться на 111-му місці серед 152 країн світу [5; 6].

Негативний антропогенний вплив на гідросферу формується в результаті: забруднення та засмічення поверхневих та підземних вод відходами господарської діяльності; зниження рівня гідробалансу через осушування боліт, використання надмірної кількості добрив, отрутохімікатів (пестицидів) сільському господарстві, штучне затоплення земель родючих та рівнинних, зміна

напрямку течій річок, видобуток та збагачення корисних копалин, викиди підприємств, робота АЕС, ГЕС, транспорту, тваринницьких комплексів і ферми, побутові комунальні стоки, надмірне антропогенне навантаження внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС, посилення шкідливого впливу поверхнево-активних речовин (ПАР) через збільшення обсягів їх використання в Україні внаслідок впровадження нових косметичних та мийних засобів, пральних порошків, сучасних будівельних матеріалів оздоблення квартир, порушуючи процеси природного самоочищення водойм та стимулюючи зростання і розмноження сапрофітної мікрофлори, водоростей тощо [1].

Основні фактори, що спричиняють виснаження водних ресурсів та скорочення запасів якісної питної води в Україні, наведені на рис. 1.1.

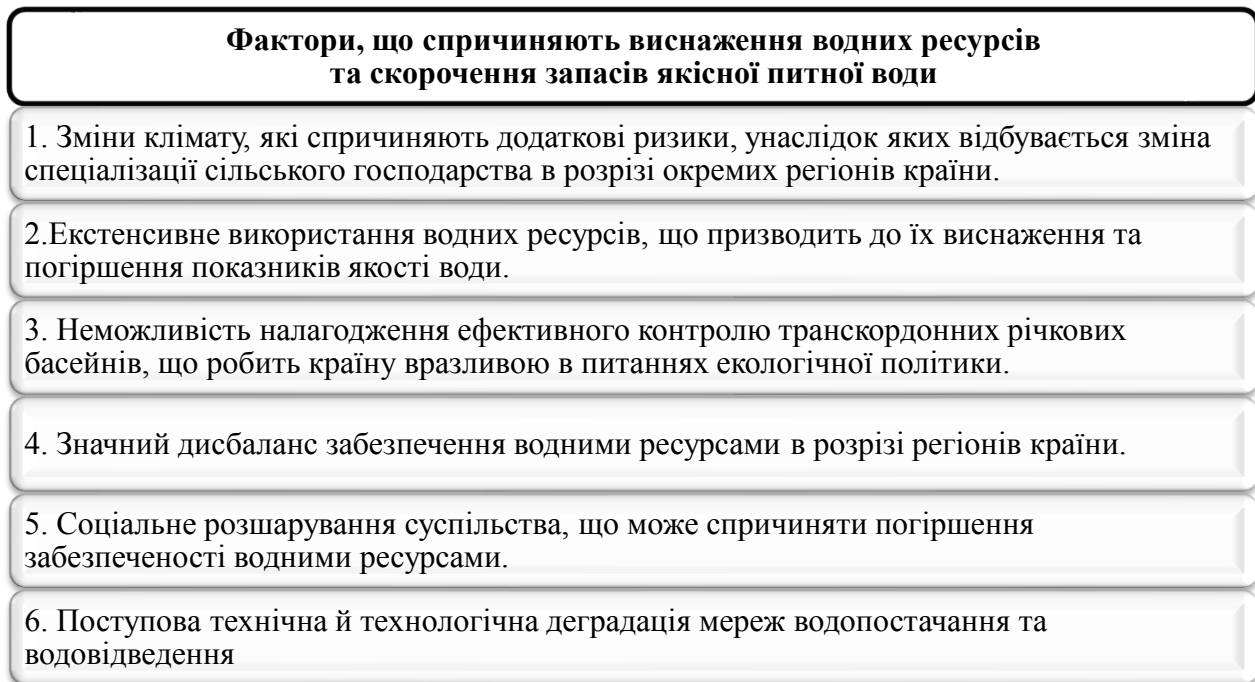


Рис. 1.1. Фактори, що спричиняють виснаження водних ресурсів та скорочення запасів якісної питної води в Україні

Джерело: [7].

Одним із факторів забруднення, виснаження водних ресурсів у світі є швидка урбанізація, оскільки водоспоживання на одну особу в місті значно вище, ніж у сільській місцевості через більш високий рівень комфорту проживання, споживання більшої кількості товарів, на виробництво яких також витрачається вода, втрат води при надходженні до кінцевого споживача тощо. Якщо нині в містах проживає понад 54 % населення світу, то за прогнозом до 2050 р. співвідношення міського та сільського населення збільшиться до 67 %, що суттєво збільшить попит на воду, особливо в частині попиту на якісну питну воду, воду для санітарних цілей, гігієни, задоволення побутових потреб, воду для виробництва товарів та послуг тощо.

Значно вищий рівень зайнятості у великих містах, комфортні умови проживання, розвинута транспортна, соціальна, культурна інфраструктури зумовлюють збільшення населення міст та відтік мешканців із сільських

територій. У результаті зазначених процесів відбувається знелюднення, маргіналізація сільських територій, зростання мегаполісів, що підвищує антропогенне навантаження, концентрацію канцерогенних речовин у воді, генерує відходи [8].

За останні тридцять років (з 1990-2020 роки) на фоні суттєвого скорочення населення України міське населення скоротилось у 1,2 раза, а сільське – в 1,33, що підтверджує факт урбанізації території країни та скорочення сільського населення (рис. 1.2).

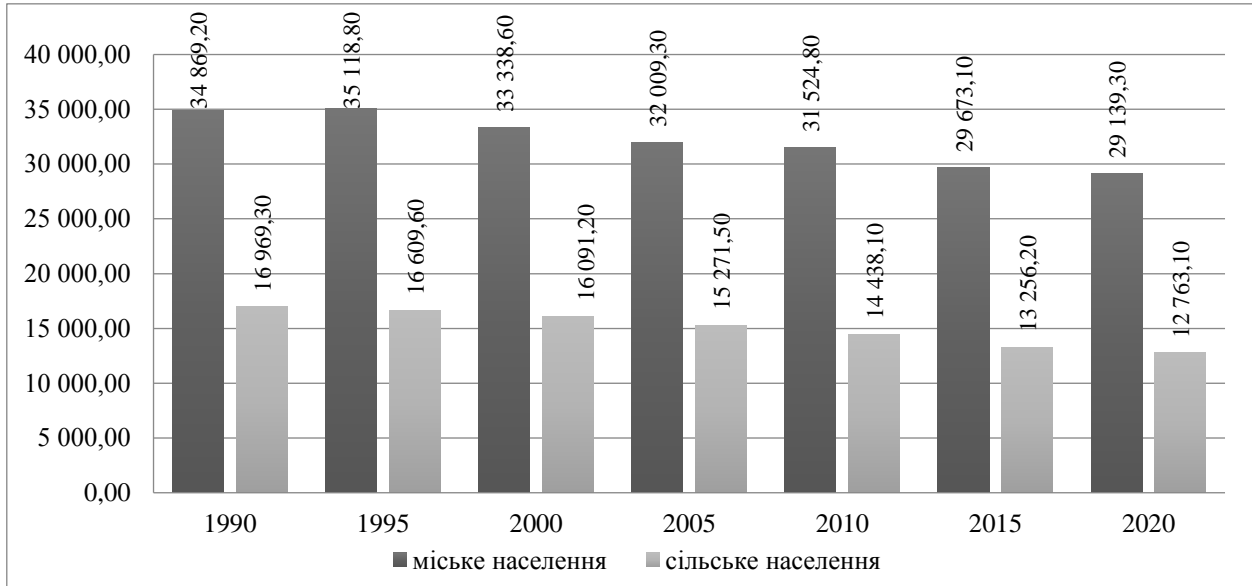


Рис. 1.2. Динаміка чисельності міського та сільського населення за 1990-2020 рр., тис. осіб

Джерело: сформовано за даними Державної служби статистики України [9].

З 1990 по 2005 роки рівень урбанізації залишався на рівні 68 %, а починаючи з 2006 року по 2020 роки спостерігаємо його зростання до 70 % (рис. 1.3).

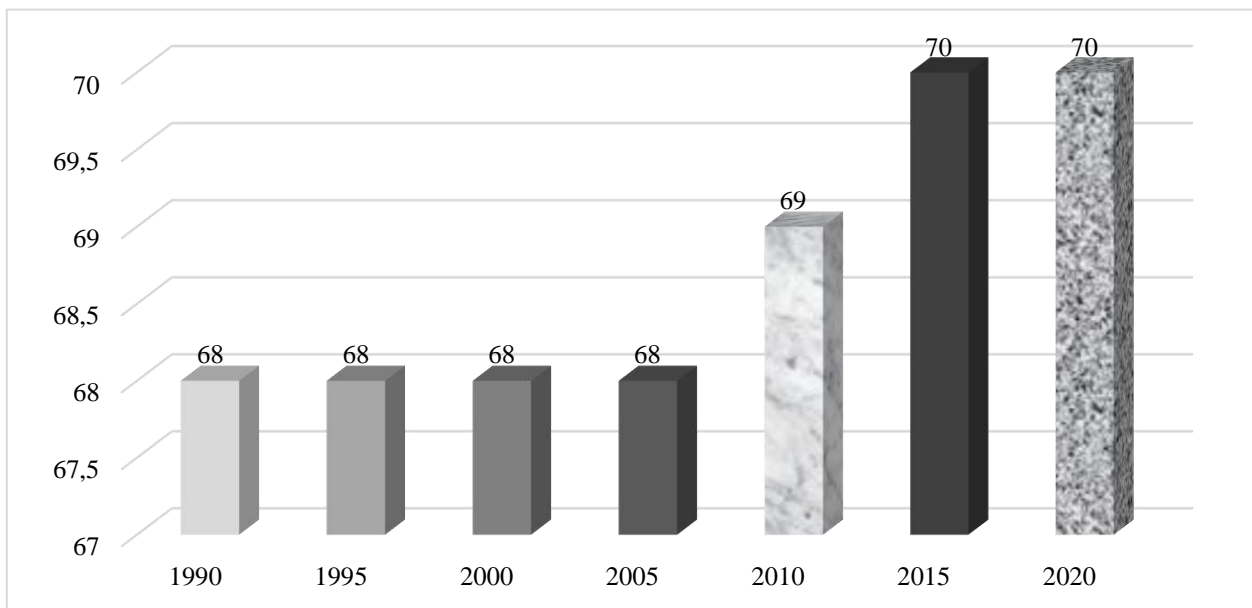


Рис. 1.3. Рівень урбанізації населення України за 1990-2020 роки

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики України [9].

Уже сьогодні регіони, де спостерігається нарощування процесів урбанізації, мають катастрофічно низьку забезпеченість місцевими водними ресурсами (Одеська, Донецька, Херсонська, Дніпропетровська, Запорізька, Миколаївська, Київська, Харківська, Луганська, Черкаська та Кіровоградська область). Полтавська, Чернівецька, Вінницька, Хмельницька та Тернопільська область мають низький рівень забезпеченості місцевими водними ресурсами. Проміжний рівень забезпеченості характерний для Чернігівщини та Івано-Франківщини, а середній лише для Закарпаття (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Забезпеченість регіонів України місцевими водними ресурсами у 2020 році, тис. м³/рік на одну особу

| Область | Забезпечення місцевими водними ресурсами | Рівень забезпечення |
|-------------------|--|--------------------------------------|
| Одеська | 0,14 | катастрофічно низький (менше 1.0) |
| Донецька | 0,21 | |
| Херсонська | 0,22 | |
| Дніпропетровська | 0,24 | |
| Запорізька | 0,32 | |
| Миколаївська | 0,45 | |
| Київська | 0,46 | |
| Харківська | 0,56 | |
| Луганська | 0,57 | |
| Черкаська | 0,72 | |
| Кіровоградська | 0,84 | |
| Полтавська | 1,19 | |
| Чернівецька | 1,33 | |
| Вінницька | 1,39 | |
| Хмельницька | 1,50 | |
| Тернопільська | 1,58 | |
| Львівська | 1,87 | низький (1.7 - 2.5) |
| Сумська | 1,88 | |
| Рівненська | 1,96 | |
| Волинська | 2,06 | |
| Житомирська | 2,27 | |
| Чернігівська | 2,77 | проміжний (2.5 - 6.0) |
| Івано-Франківська | 3,26 | |
| Закарпатська | 6,29 | середній (6.0 - 15.0) |

Джерело: сформовано авторами за [10].

Проблемою водопостачання та водовідведення урбанізованих територій є зношеність інфраструктури, що призводить до погіршення якості питної води, збільшення її втрат під час транспортування, зниження ефективності очищення стічних вод. Крім того, процеси урбанізації та забудови міст призводять до надмірного навантаження на мережі водопостачання та водовідведення.

Антропогенне забруднення, що посилюється в умовах нарощування процесів урбанізації, є однією з основних причин, що викликає деградацію річок, водосховищ, накопичення забруднюючих речовин і погіршення якості вод поверхневих водних об'єктів, що використовуються як джерела господарсько-побутового водопостачання [11].

Пропускна здатність русел річок на багатьох ділянках знижена за рахунок відкладення наносів, що призводить до затоплення та підтоплення прилеглих територій. Крім того, з кожним роком відчуваємо вплив змін клімату на водні об'єкти, що разом з надмірним антропогенним навантаженням може призвести до їх зникнення.

У результаті атмосферного забруднення повітря випадають кислотні дощі. Відбувається порушення кругообігу речовин між атмосферою, гідросферою та літосферою. Зазначені процеси особливо активно проходять у мегаполісах. Процеси трансформації сірки, оксидів азоту, що утворюються при з'єднанні азоту з киснем повітря при високих температурах, головним чином двигунах внутрішнього згоряння та котельних установках, призводять до масштабного зменшення рН атмосферних опадів та закислення природних ресурсів.

У процесі урбанізації збільшується кількість техногенних відкладень, відбувається зростання обсягів стічних вод від усіх водокористувачів, як окремих громадян, так і підприємств промисловості, житлово-комунального та сільського господарства. Незважаючи на різні технології очищення стоків, значна їх частка надходять без очищення в навколишнє середовище через зростаючу їх кількість та перевантаження очисних споруд. Також скидання побутових стічних вод відбувається в каналізаційні мережі, витoki з яких викликають підтоплення територій та забруднення підземних вод. При цьому утворюються зони змішування теплих стічних вод підземними та з'являються агресивні води.

За даними 2020 року загальний обсяг стічних вод, скинутих у поверхневі води, становив 5159 млн куб. м, з яких забрудненими є 10 %, нормативно чистими без очищення – 62,3 %, а нормативно очищеними – 27,7 % [12].

Господарська діяльність призводить до дифузного забруднення, що потрапляє у водні об'єкти в результаті поверхневого змиву, при випаданні дощів, сніготаненні з майданчиків промислових підприємств, об'єктів будівництва, транспортної інфраструктури, місць складування відходів, об'єктів накопиченого екологічної шкоди.

Мінімізація негативного впливу поверхневого забрудненого стоку з міських територій на якість води у водних об'єктах та їхній екологічний стан може бути досягнуто переважно трьома способами: благоустроєм самої території міста з виконанням чинних водоохоронних регламентів (у тому числі вдосконаленням гідролого-гідралічних умов); створенням очисних систем (споруд) для зливової каналізації (випусків); переоблаштуванням зливової каналізації з подачею поверхневого стоку в промислові та комунальні системи водоочищення.

1.2. Вивчення світового досвіду водокористування, регулювання якості питної води та її вплив на трудовий потенціал

Формування стандартів якості життя, що будуть відповідати базовим потребам людини нині є одним із головних викликів. Зважаючи на те, що чисельність населення світу поступово зростає, дедалі більш відчутними стають зміни клімату, періодично відбуваються природні катаклізми, нарощується антропогенний вплив на довкілля, нераціонально використовуються наявні водні ресурси, прогнозується, що у найближчому майбутньому людство поступово відчуватиме дефіцит питної води, яка є основою життєдіяльності людини, а зниження запасів водних ресурсів може призвести до скорочення темпів економічного розвитку.

Проблема посилюється і тим, що на фоні глобального потепління нестача питної води, що вже зараз різною мірою наявна в усьому світі, може перетворитися на світову кризу. Поступове танення льодовиків зменшує запаси водних ресурсів, а також може орієнтовно призвести до підняття рівня Світового океану до 2065 року на більше ніж 30 см. Дослідження науковців Колумбійського університету показують, що льодовики Гімалаїв порівняно з минулим століттям удвічі швидше тануть, що є загрозою до забезпечення прісною водою понад 1,6 млрд жителів Південно-Східної Азії (рис. 1.4).

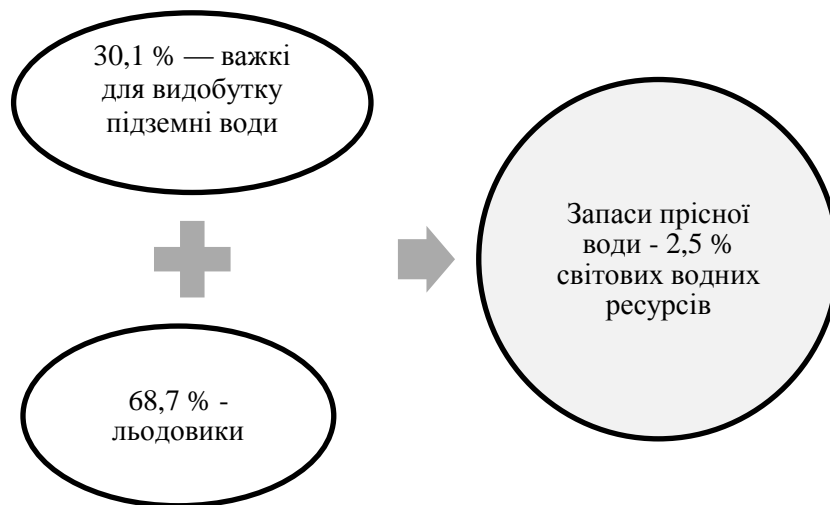


Рис. 1.4. Частка запасів прісної води у складі світових водних ресурсів

Джерело: дані Геологічної служби США [7].

З огляду на вищезазначене до споживання людині залишаються 1,2 % запасів прісної води, із яких 69 % – льодовики, а 21 % – річки й озера.

Забезпеченість прісною водою у континентальному розрізі зобразимо на рис. 1.5.

Латинська Америка найбільш забезпечена прісною водою в розрахунку на чисельність населення, яке там проживає. Євразія, де мешкає майже 70 % населення світу, отримує лише 40 % обсягів світового водостоку, африканські країни – 10 %, а найменше забезпеченими є Близький Схід та Північна Америка, на які припадає по 1 %.



Рис. 1.5. Забезпеченість прісною водою в континентальному розрізі, у % до обсягу світового водостоку

Джерело: [5].

За прогнозами науковців 47 % населення світу у 2030 році проживатиме в регіонах з низькою забезпеченістю запасами питної води або взагалі її дефіцитом.

Головні фактори, що спричиняють виникнення такої ситуації, наведені на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Фактори, що призводять до скорочення запасів водних ресурсів

Джерело: сформовано автором.

Багато країн світу уже досягли межі водокористування, що спричиняє зростання дисбалансу попиту та пропозиції на воду. За оцінками Population Institute Америки, наразі попит на воду перевищує її пропозицію на 17%, а з часом він поступово зростатиме.

Вже зараз відзначається виснаження водних ресурсів у 37 водоносних горизонтах Африки, Євразії, Північної та Південної Америки [5].

У світі дефіцит водних ресурсів намагаються покривати за рахунок видобутку підземних вод, який поступово зростає та сильно виснажує водні горизонти.

Україна не є винятком, оскільки її населення в окремих регіонах уже відчуває дефіцит питної води. За запасами водних ресурсів, доступних до використання, країна належить до малозабезпечених, оскільки в розрахунку на одну особу споживання становить орієнтовно 1 тис. м³ води на рік, що ставить її на 111-е місце серед 152 країн світу [5; 6].

На рис. 1.7 систематизуємо основні фактори, що спричиняють виснаження водних ресурсів та скорочення запасів якісної питної води в Україні.

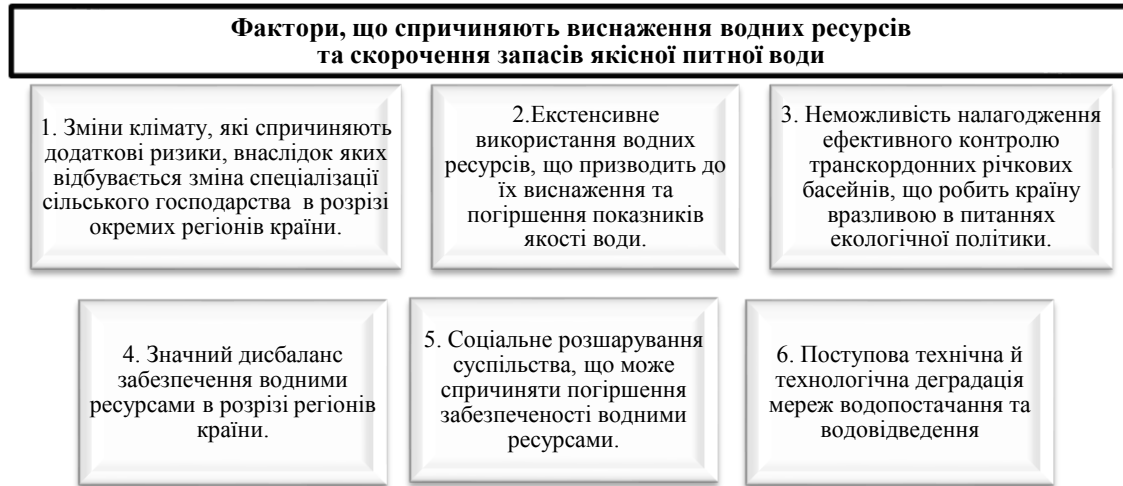


Рис. 1.7. Фактори, що спричиняють виснаження водних ресурсів та скорочення запасів якісної питної води в Україні

Джерело: [7].

Зважаючи на це, варто усвідомити, що водні ресурси швидко вичерпуються та є національним багатством країни, а тому необхідно постійно підтримувати на належному рівні їх чистоту й потенціал, а також формувати екологічну свідомість та раціональне споживання.

Поступово клімат в Україні набуває тропічних ознак, що призводить до виникнення тривалих бездошових періодів, посух, падіння рівня ґрунтових вод, а також масового пересихання криниць, озер та невеликих річок. Зважаючи на такі тенденції, очікується поступове зростання дефіциту прісної води до 2050 року, що згодом може навіть призвести до імпорту питної води в країну [11; 13].

Тому на шляху до євроінтеграції Україні дуже важливо досліджувати досвід європейських країн щодо культури поводження з водними ресурсами, їх раціонального споживання, управління ними, а також створення сприятливих умов до їх відновлення.

Наразі особлива увага має приділятися зменшенню атропотехногенного впливу на гідросферу, а також раціональному водокористуванню, що можливо лише завдяки спільним діям та безпосередній зацікавленості держави, підприємств, відомств, громадян. При цьому економічне стимулювання здійснюється методами позитивної мотивації [14].

Варто зазначити, що водна політика країн Європи сформувалася на основі впровадження сучасних практик ефективного та екологічного водокористування, запроваджених у практику окремими країнами, їх узагальнення та декларування спільних цілей, спрямованих на досягнення екологічної безпеки ЄС у сфері водокористування.

Для України європейський досвід є цінним, оскільки вона вже успішно впроваджує інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом, а тому кращі практики щодо забезпечення ефективної екологічної безпеки ЄС у сфері водокористування можуть використовуватися під час формування водної політики та розробки відповідних законодавчих актів для безпечного та екологічно свідомого водокористування в Україні [15].

Європейська практика підтримання екологічної безпеки та екологічних стандартів водокористування ґрунтується на таких ключових принципах:

- користувач платить;
- забруднювач платить;
- вода оплачує воду.

Використання цих принципів до побудови політики водокористування дозволяє країнам Європи забезпечувати відповідний рівень водоспоживання, збереження якості питної води та стану водних об'єктів, створення стратегічних запасів води, своєчасне реагування на природні катаклізми, що можуть бути спричинені повеннями, посухами, підтопленнями та затопленнями [14; 15; 16].

Державне агентство водних ресурсів України проводить активну міжнародну діяльність щодо управління водними ресурсами, а також раціонального їх використання з метою імплементації кращих європейських практик водокористування, підтримання належної якості питної води та впровадження стандартів водокористування. Така діяльність насамперед спрямована на покращення екологічного стану водних ресурсів.

Результатом такої співпраці є залучення міжнародних коштів у водогосподарську галузь шляхом реалізації міжнародних проєктів (рис. 1.8).

| Міжнародні проєкти |
|---|
| Проєкт EUWI+4EaP ENI/2016/372-403 від 27.12.2016 Водна ініціатива плюс Європейського Союзу для Східного партнерства |
| Проєкт ГЕФ /ПРООН / ОБСЄ / ЕЄК ООН «Сприяння транскордонному співробітництву і комплексному управлінню водними ресурсами в басейні річки Дністер» |
| Проєкт Координатора проєктів ОБСЄ в Україні «Зміцнення спроможності для моніторингу та управління водними ресурсами на сході України» |
| Проєкт TiszaMonitorNet «Створення транскордонної мережі моніторингу якості води в басейні Верхньої Тиси з подальшим розвитком і модернізацією спільної українсько-угорської гідрографічної телеметричної системи» |
| Проєкт HUSKROUA/1702/8.1/0005 (FloodUZH) «Спільні заходи з попередження природних катастроф у транскордонному басейні р. Уж» |
| Міжнародний проєкт «EU-WATERRES: Інтегрована в ЄС система управління транскордонними ресурсами підземних вод та антропогенними небезпеками» |
| Проєкт HUSKROUA/1701/LIP/003 (SAFETISZA) «Зміцнення транскордонної безпеки спільними заходами, спрямованими на запобігання паводків та затоплення внутрішніми водами у межиріччі річок Тиса-Тур» |

Рис. 1.8. Міжнародні проєкти, що реалізуються в Україні у сфері водокористування

Джерело: [17].

Крім того, укладені довгострокові угоди про співпрацю на урядовому рівні між Україною та Молдовою, Угорщиною, Румунією, Польщею, Словаччиною.

Таблиця 1.2 – Довгострокові угоди про співпрацю в галузі водного господарства

| Країна | Угода про співпрацю |
|----------------------|--|
| Республіка Молдова | Угода між Урядом України та Урядом Республіки Молдова про спільне використання та охорону прикордонних вод |
| Словацька Республіка | Угода між Урядом України та Урядом Словацької Республіки з питань водного господарства на прикордонних водах |
| Угорська Республіка | Угода між Урядом України та Урядом Угорської Республіки з питань водного господарства на прикордонних водах |
| Румунія | Угода між Урядом України та Урядом Румунії про співробітництво в галузі водного господарства на прикордонних водах |
| Республіка Польщі | Угода між Урядом України та Урядом Республіки Польща про співробітництво в галузі водного господарства на прикордонних водах |

Джерело: сформовано за даними Держводагентства [6].

У результаті такої співпраці сформовано багато спільних ініціатив стосовно залучення міжнародної фінансової допомоги, спрямованої на впровадження водоохоронних проєктів. Така діяльність спрямована на зміцнення позитивного іміджу української держави в міжнародній спільноті, а також покращенню відносин з іншими країнами, формуванню співпраці на принципах відкритості, довіри та взаєморозуміння.

На сьогодні Україною ратифіковані такі міжнародні конвенції, що стосуються водних ресурсів: Конвенція з охорони і використання транскордонних водотоків і міжнародних озер та Конвенція щодо співробітництва з охорони та сталого використання ріки Дунай (Конвенція про охорону ріки Дунай), Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті, Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат.

Також Україна приєдналася до Протоколу про воду та здоров'я, мета якого полягає у сприянні на загальнодержавному рівні масштабі, а також у транскордонному та міжнародному контексті, охороні здоров'я та добробуту людей відповідно до принципів сталого розвитку через удосконалення управління водними ресурсами, забезпечення охорони водних екосистем, а також своєчасного контролю якості води з метою зниження ступеня поширення захворювань, що обумовлені споживанням неякісної питної води.

Згідно з положеннями Протоколу сторони, що його уклали, зобов'язані вживати всіх належних заходів з метою забезпечення:

- охорони водних ресурсів, що використовуються як джерела питної води, очищення води, створення, вдосконалення та експлуатацію колективних систем водопостачання;
- дієвих санітарно-профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення належної охорони здоров'я людей та навколишнього середовища;

- поступове скорочення та усунення скидів та емісій речовин які є небезпечними для здоров'я людей та водних екосистем у водні об'єкти, що є джерелами постачання питної води;

- захисту людей від захворювань, пов'язаних із водою;

- впровадження ефективних систем для моніторингу ситуацій, які можуть спричинити виникнення захворювань, пов'язаних із неякісною водою [6; 18].

Зважаючи на це, посилення водоохоронної діяльності матиме позитивний вплив не лише на діяльність підприємств і громадян України, а й ЄС, зокрема в частині удосконалення системи охорони здоров'я, підвищення ефективності використання та охорони водних ресурсів, законодавчого упорядкування положень екологічної політики, а також підвищення рівня екологічності виробництва завдяки використанню сучасних технологій очищення води тощо.

Підтримка та впровадження загальноєвропейських стандартів та практик у сфері водокористування допоможе не лише зберегти водні ресурси та покращувати якість питної води, а й підтримувати трудовий потенціал населення країни.

Значне антропогенне навантаження на водні ресурси України помітно знижує їх відновлювальний потенціал, а проблема води незабаром може стати однією з найгостріших.

За рівнем раціонального використання водних ресурсів та якості води (наявністю очисних споруд), за даними ЮНЕСКО, Україна серед 122 країн світу посідає 95-е місце та належить до країн з невисокою водозабезпеченістю та високим рівнем використання води. З-поміж країн Європи Україна є однією з найменш водозабезпечених [18].

Тому далі розглянемо досвід водокористування та управління водними ресурсами у країнах Європи, особливо в частині можливостей впровадження ефективних практик.

Таблиця 1.3 – Забезпеченість України внутрішніми водними ресурсами у порівнянні з країнами Європи

| Країна | Внутрішні водні ресурси, тис. м ³ /рік/людину | Кратність перевищення порівняно з Україною |
|-----------------|---|---|
| Україна | 1,2 | - |
| Німеччина | 1,3 | 1,09 |
| Польща | 1,4 | 1,17 |
| Велика Британія | 2,1 | 1,75 |
| Словаччина | 2,3 | 1,92 |
| Іспанія | 2,4 | 2,0 |
| Туреччина | 2,8 | 2,34 |
| Франція | 3,1 | 2,59 |
| Італія | 3,1 | 2,59 |
| Португалія | 3,6 | 3,0 |
| Швейцарія | 4,8 | 4,0 |
| Литва | 5,3 | 4,42 |
| Латвія | 8,6 | 7,17 |
| Грузія | 14,8 | 12,34 |
| Швеція | 17,2 | 14,34 |

Джерело: [19].

Як бачимо, Україна є однією з найменш забезпечених країн Європи за запасами води, оскільки мінімальний рівень водозабезпеченості, визначений ООН, становить 1,7 тис. куб. м на рік на одну людину, а в Україні він становить 1,2 тис. куб. м [18, с. 46].

Попри складну ситуацію із забезпеченням внутрішніми водними ресурсами, більшість громадян навіть не замислюються про раціональність використання водних ресурсів, яких із кожним роком стає дедалі менше на Землі.

Тож варто замислитися над тим, щоб максимально раціонально та економно використовувати воду, оскільки вона належить до ресурсів, які вичерпуються. В Україні станом на 2022 рік діяли нормативи на споживання холодної та гарячої води, обчислені залежно від виду благоустрою житлового фонду. Найнижчими норми споживання є для гуртожитків – 60 л/добу на одного мешканця, а найвищими в багатоквартирних та приватних будинках із каналізацією, ванною з душем, без централізованої подачі гарячої води – 210 л/особу. Показник централізованого водоспоживання прийнятий на рівні 150 л/особу на добу.

Таблиця 1.4 – Нормативи централізованого водоспоживання населення України та Європейських країн

| Країна | Середня норма водоспоживання на 1 особу, л/добу | Щодо України |
|----------------|---|--------------|
| Україна | 150 | — |
| Швейцарія | 252 | 1,68 |
| Фінляндія | 213 | 1,42 |
| Італія | 213 | 1,42 |
| Іспанія | 200 | 1,34 |
| Греція | 175 | 1,17 |
| Швеція | 164 | 1,10 |
| Данія | 159 | 1,06 |
| Великобританія | 153 | 1,02 |
| Франція | 139 | 0,93 |
| Німеччина | 122 | 0,82 |
| Бельгія | 112 | 0,75 |
| Угорщина | 95 | 0,64 |
| Польща | 94 | 0,63 |
| Словаччина | 79 | 0,53 |

Джерело: систематизовано авторами.

За своєю структурою, технологією та рівнем водокористування водне господарство України – це складний комплекс, який наразі не відповідає відновлювальній здатності природних водних екосистем.

Натомість водні ресурси є найважливішим компонентом не лише навколишнього природного середовища, а базисом соціально-економічного потенціалу розвитку окремих адміністративно-територіальних одиниць та країни загалом.

Головними водними артеріями України є Дніпро, Дунай, Дністер, Південний Буг, Тиса, Прут та ін. Стан води та повноводдя цих річок багато в чому залежить від стану їх приток, оскільки 90 % населених пунктів знаходяться в долинах малих річок та споживають з них воду. Малі річки України перебувають у надто

складному стані та знаходяться під загрозою поступового зникнення через пересихання. Це є причиною деградації великих річок, а тому питання їх збереження та оздоровлення є одним з найбільш актуальних для України [20].

На рис. 1.9 систематизуємо основні фактори, що впливають на якість питної води.

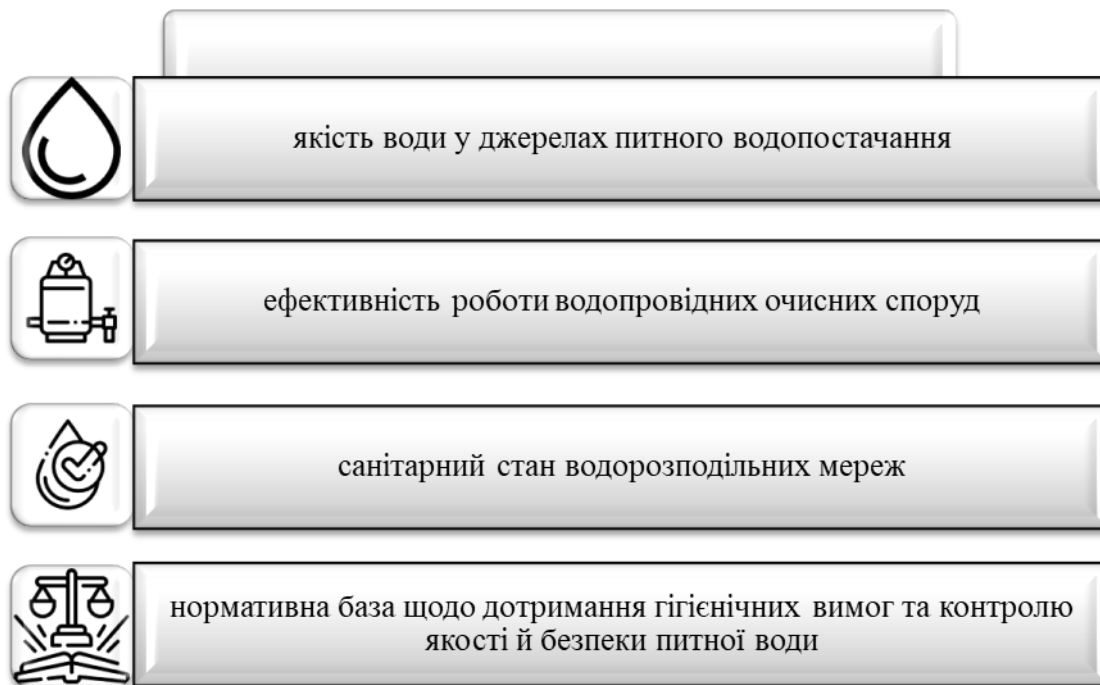


Рис. 1.9. Основні фактори, що впливають на якість питної води
Джерело: сформовано авторами.

На якісний стан поверхневих вод суттєво впливає антропогенне навантаження, а також природні явища. Потенційні забруднювачі поверхневих та підземних вод наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Потенційні забруднювачі поверхневих та підземних вод

| Потенційні забруднювачі | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Поверхневі води | Підземні води |
| Мікроорганізми (бактерії та віруси) | Загальна жорсткість |
| Сполуки азоту | Сухий залишок |
| Нафтопродукти | Сульфати |
| Феноли | Залізо |
| | Хлориди |
| Солі важких металів | Нітрити |
| | Марганець |
| Органічні речовини | Фтор |
| | Аміак |

Джерело: [6; 17].

Постійно фіксується підвищений вміст сполук заліза загального та марганцю в більшості водоймах України, особливо в зоні Полісся. Забруднення амонієм сольовим та нітритами поверхневих вод відбувалося в результаті

надходження органічних та біогенних речовин разом із дощовими й талими водами, особливо на урбанізованих територіях та скидами недостатньо очищених стічних вод з очисних споруд підприємств комунального господарства, промислових об'єктів.

Зважаючи на це постає питання вивчення сучасного досвіду водокористування та підтримання якості питної води, оскільки від цього залежить не лише збереження гідросфери, а і трудовий потенціал населення країни.

Таблиця 1.6 – Скид забруднюючих речовин у водні об'єкти за їхніми видами в розрізі видів діяльності

| Вид діяльності | Скид забруднюючих речовин у водні об'єкти за їхніми видами | | | | | | | | | |
|---|--|------|------------------|--------|---------------|---------|---------|------|---------|-----|
| | Азот амонійний | БСК5 | Завислі речовини | Залізо | Нафтопродукти | Нітрати | Нітриди | СПАР | Фосфати | ХСК |
| Сільське господарство лісове господарство та рибне господарство | | | | | | | | | | |
| Добувна промисловість і розроблення кар'єрів | | | | | | | | | | |
| Переробна промисловість | | | | | | | | | | |
| Постачання електроенергії газу пари та кондиційованого повітря | | | | | | | | | | |
| Водопостачання; каналізація поводження з відходами | | | | | | | | | | |
| Будівництво | | | | | | | | | | |
| Оптова та роздрібна торгівля | | | | | | | | | | |
| Транспорт складське господарство поштова та кур'єрська діяльність | | | | | | | | | | |
| Тимчасове розміщування й організація харчування | | | | | | | | | | |
| Освіта | | | | | | | | | | |
| Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги | | | | | | | | | | |

Джерело: сформовано авторами.

Інтенсивне використання водних ресурсів, в Україні призводить і до інтенсивного їх забруднення через постійне зростання антропогенного впливу людини, унаслідок якого водні ресурси втрачають свою відновлювальну здатність та якісні властивості.

Наразі більшість басейнів річок за ступенем забруднення можна віднести до забруднених та дуже забруднених. Результати скринінгу забруднюючих речовин у річках України у 2021 році зобразимо на рис. 1.10.

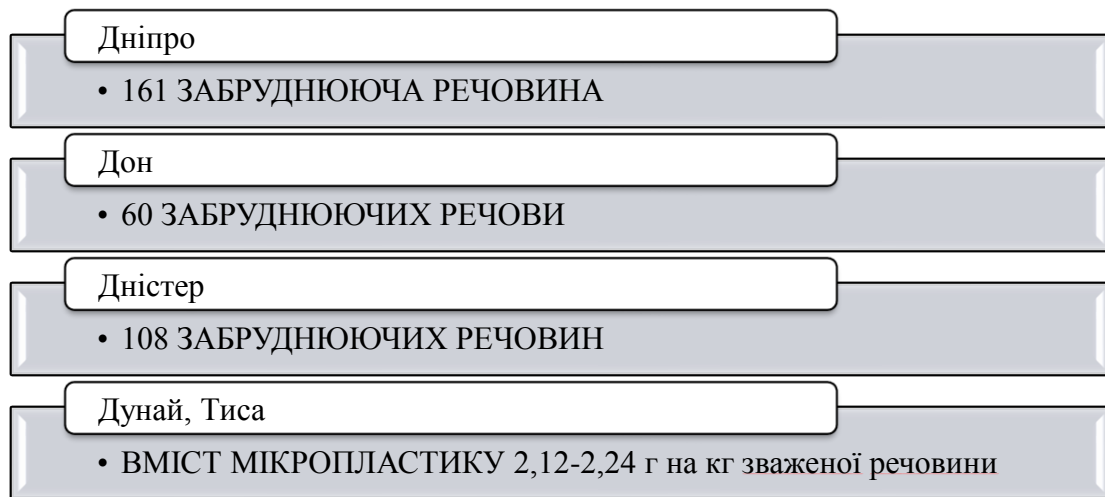


Рис. 1.10. Скринінг забруднюючих речовин у річках України у 2021 році
Джерело: [17].

Така ситуація є і результатом того, що впродовж багатьох десятиліть при формуванні водогосподарської політики вода ніколи не розглядалася як основа життєзабезпечення природних екосистем і людини, а також не враховувався та не прогнозувався економічний стан водних систем та їхній вплив на збереження біорізноманіття.

Вона розглядалася та використовувалася лише як господарський ресурс, необхідний для промислового і сільськогосподарського виробництва, отримання електроенергії, а також для скидання стічних вод, що зрештою і спричинило вичерпання природно-екологічного потенціалу водних ресурсів.

Так, наприклад, витрати свіжої води на одиницю виробленої продукції в Україні суттєво перевищують такі показники порівняно з Францією – у 2,5 раза, Німеччиною – у 4,3 раза, Великою Британією та Швецією – у 4,2 раза [18, с. 48].

Вирішення цієї проблеми може бути можливим лише завдяки розробці та дотриманню особливого порядку використання водних ресурсів, охорони та відтворення завдяки впровадженню сучасних європейських практик водокористування. Для того, щоб покращувати якість води в річках та не допускати подальшого забруднення водних екосистем, необхідно впроваджувати новітні технології очищення зворотних вод, посилити контроль за господарською діяльністю на водних об'єктах, а також на землях водного фонду, не допускати несанкціонованих скидів стічних вод у водоприймачі.

Тож далі розглянемо досвід окремих країн Європи у сфері водокористування та управління водними ресурсами, впровадження якого може бути доцільним і в Україні.

Україні доцільно впроваджувати досвід Іспанії, Франції, Португалії, Великої Британії, Нідерландів у частині акумулювання плати за використання і забруднення водних ресурсів на регіональному рівні на рахунках басейнових управлінь, що дозволить використовувати ці кошти повною мірою на фінансування заходів щодо забезпечення достатнього обсягу доступних водних ресурсів, а також на підтримання водних об'єктів у сприятливому екологічному стані.

Стосовно постачання води варто скористатися досвідом Великої Британії, Німеччини та Франції, у яких із компаніями, що здійснюють водопостачання, місцеві органи влади укладають контракти, у яких передбачені кількісні та якісні показники води, а також штрафні санкції за порушення умов угоди або анулювання дозволів, ліцензій [15].

В Іспанії розроблене Положення про водорегулювання, яким регулюється загальна доступність води та її використання на національному рівні. Крім того, на рівні автономних громад діють регуляторні повноваження щодо води, а також створені власні юридичні норми відносно неї. Положення про водорегулювання встановлює норми, що регулюють екологічні питання, пов'язані з використанням води, зокрема:

- заборону накопичення твердих відходів, які можуть спричинити шкоду водним ресурсам та довкіллю, поблизу басейну річки, а також будь-якої діяльності безпосередньо на водних ресурсах або поруч з ними, яка може їх погіршити;
- заборону прямого або непрямого скиду води чи іншої речовини або продукту, які можуть забруднити воду. Винятком є лише ті, які були дозволені відповідним органом управління річковим басейном.
- податок за користування громадською водою, а також податок на скидання стічних вод.

На забруднювачів за всі несанкціоновані скиди накладаються відповідні дисциплінарні стягнення та штрафи. Екологічне агентство може закрити споруди або наказати припинити діяльність, яка призводить до порушення якості води.

У країні також діють платежі за забір і використання водних ресурсів і забруднення водних джерел, завдяки яким фінансуються заходи з охорони водних об'єктів, відтворення і підтримки водних ресурсів у належному стані.

За міське комунальне водопостачання оплата нараховується за подвійною системою, а її розмір залежить від кількості поданої води відповідно до заявок водокористувачів та обсягу використаної води.

Розмір тарифу за водопостачання для населення в Іспанії, так само як і в Україні, залежить від району та технічної складності подачі води. Окремі регіони мають дефіцит водних ресурсів, а тому місцеві муніципалітети встановлюють відповідні ліміти на водопостачання. У випадку перевищення встановленого ліміту на водоспоживання тарифи значно для водокористувачів зростають, що автоматично спонукає населення до раціонального водокористування.

В Іспанії в основі плати за водовідведення лежить принцип «забруднювач платить». Її розмір залежить від вмісту забруднюючих речовин та обсягу скинутих у водні об'єкти стічних вод, що дозволяє завдяки отриманим коштам будувати сучасні очисні споруди без додаткових витрат. За порушення норм очищення стічних вод підприємства сплачують штрафи значних розмірів.

Враховуючи подібність Іспанії та України в частині власності на водні ресурси, значної диференціації регіонів за рівнем водозабезпечення, за наявності в аграрному секторі зрошуваного землеробства, вдосконалюючи економічні механізми водокористування в Україні, слід враховувати напрацювання Іспанії стосовно формування пріоритетів водопостачання, встановлення базового ліміту та обсягів понаднормативного водопостачання, розрахунку тарифів, які

спонукатимуть до економного використання води, розрахунку розмірів оплати за скиди у водні об'єкти залежно від вмісту забруднюючих речовин та обсягу скинутих стічних вод закладами житлово-комунального господарства, енергетики, сільського господарства та ін. (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Можливі напрями запозичення досвіду Іспанії у практику водокористування України

Джерело: сформовано авторами за [15].

Платне водокористування Франції реалізується завдяки таким видам податкових платежів, які спрямовуються на поліпшення стану водних ресурсів: 1) плата за порушення якості водних ресурсів; 2) плата за водоспоживання.

Їх розмір встановлюється адміністративною радою водного агентства, а за водопостачання несуть відповідальність муніципалітети. Мери міст відповідальні за тарифи, якість наданих послуг водопостачання та дотримання державних нормативів.

Майже 70 % систем водопостачання у Франції експлуатуються приватними компаніями, у контрактах з якими в разі порушення вимог до якості води, передбачене застосування штрафних санкцій мером міста.

Усі компанії з водопостачання беруть участь у моніторингу якості води та обговорюють з Міністерством охорони здоров'я відповідні нормативи, що врегульовують ці питання.

Оплата за воду проводиться за двоставковим тарифом, який визначається за середньою вартістю води, з врахуванням передбачених системою тарифікації надбавок до базової ціни.

Висока вартість абонентної плати дозволяє водопостачальним підприємствам мати гарантії з оплати наданих послуг. Зібрані податки за водокористування спрямовують на відновлення водних ресурсів та моніторинг якості питної води.

У Португалії діє Закон, який передбачає додаткові заходи щодо постійного захисту та покращення водних ресурсів. Їх повинні здійснювати басейнові адміністрації в тісній співпраці з муніципалітетами та приватними

землевласниками. Закон також регламентує правила та обов'язки щодо використання водних ресурсів згідно із запобіжними принципами сталого та ефективного управління.

Відповідальність за видачу ліцензій на діяльність з видобутку води, встановлення плати за кожну ліцензію, видану за використання водних ресурсів загальнодоступного користування, та діяльність, яка може погіршити якість водних ресурсів, несуть Адміністрації басейну річок.

У Німеччині розмір щорічної плати визначається на основі даних підприємств-водокористувачів щодо їхніх потреб у воді на плановий рік, на основі яких встановлюють річний внесок кожного споживача. Він враховує витрати на всі види робіт (водозабір, приймання та очищення стічних вод, підтримання рівня води у джерелах водопостачання тощо).

Внески споживачів води забезпечують роботи з:

- регулювання режиму стоку вод;
- здійснення робіт у випадку паводків і повеней;
- підтримання оптимального рівня поверхневих вод, необхідного для нормального функціонування водогосподарського об'єкта:
- постачання води для населення та підприємств;
- відведення стічних вод або усунення їх наслідків;
- утилізації відходів;
- запобігання та усунення негативних екологічних явищ, викликаних підвищенням рівня ґрунтових вод.

У Німеччині також діють інструкції, які визначають розмір внесків за забір води для підприємств-водокористувачів, частку безповоротного водоспоживання, вимоги до якості води, режим водозабору в години пікових навантажень.

З метою удосконалення системи цін на воду Німеччина перейшла до адресного субсидіювання. Вивільнені кошти спрямовуються на модернізацію водопровідних мереж і обладнання, а також впровадження інноваційних технологій.

У тарифи за водопостачання та водовідведення включені витрати на модернізацію та заміну водопровідних мереж, утримання зон санітарної охорони водойм, відповідно до обсягів фактичних річних витрат на забір води, її очищення та транспортування до споживачів, капітальні витрати. У результаті споживачі отримують надійне водопостачання та високу якість питної води. Високі тарифи на водопостачання сприяють формуванню у населення підходів до раціонального споживання водних ресурсів.

У Великій Британії, як і в Україні, управління водним господарством здійснюється за басейновим принципом та має чітко виражений регіональний характер. Фінансування діяльності басейнових управлінь здійснюється за рахунок продажу послуг водогосподарського призначення, а також з бюджету та інших джерел. Платежі за забір води з водних об'єктів і за скид стічних вод диференційовані в регіональному розрізі.

Усі водопровідно-каналізаційні підприємства Великої Британії перебувають у приватній власності, а контроль за їхньою діяльністю забезпечується в межах системи державного ліцензування (рис. 1.12).

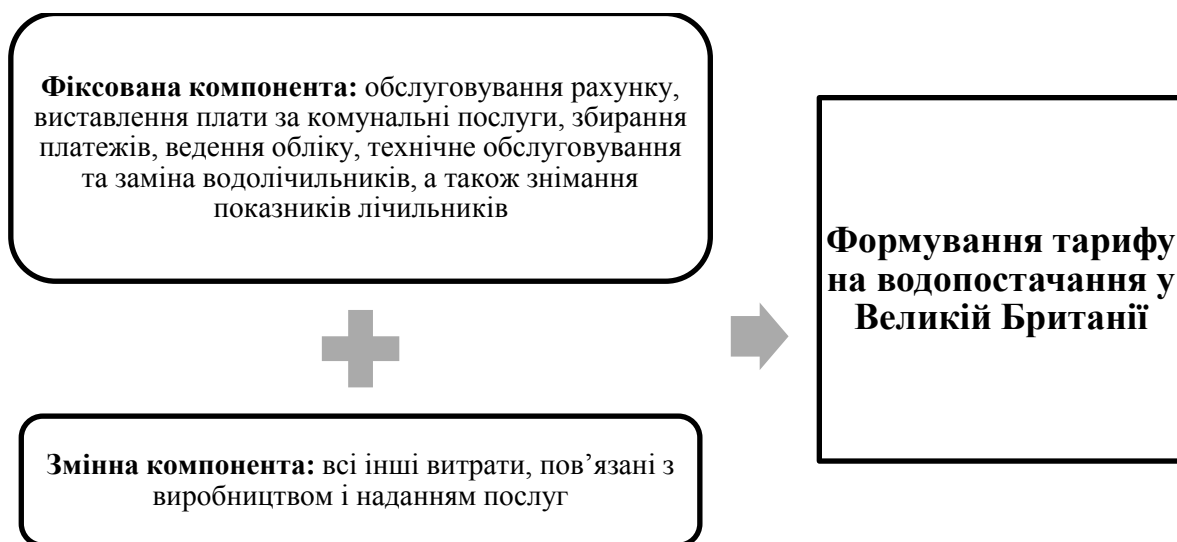


Рис. 1.12. Формування тарифів на водопостачання у Великій Британії
Джерело: сформовано авторами.

Система платного водокористування Нідерландів побудована на принципі повного відшкодування витрат на водогосподарські заходи, втілені в податкових платежах, платниками яких є населення, промисловість і сільське господарство (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Податки та платежі у сфері водокористування Нідерландів

| Податки та платежі | Особливості нарахування |
|--|--|
| Податок водного управління | Ставка податку визначається у залежності від чисельності населення території, а також її географічних особливостей (30 % – платежі від населення; 70 % – від власників будинків, адмінбудівель, сільськогосподарських угідь, адміністрації лісових угідь і природних територій); |
| Плата за скид стічних вод. | Кожним водним управлінням встановлюється тариф, який визначається залежно від обсягу стічних вод, витрат на очищення та управління якістю водних об'єктів. Плата надходить до державного бюджету. |
| Плата за забір підземних вод | Надходить до фонду адміністрації провінції та спрямовується на дослідження щодо запобігання виснаженню підземних вод. Також кожна провінція має право на обмеження забору підземних вод. |
| Податок за використання системи каналізації. | Спрямований на покриття витрат муніципалітету на утримання каналізаційної системи. |

Джерело: [15].

Україна може скористатися також досвідом Нідерландів у реалізації принципу «забруднювач платить». Для скиду стічних вод у поверхневі водні об'єкти в Нідерландах потрібно отримати ліцензію та сплатити плату за забруднення навколишнього середовища, причому незалежно від того, чи відводяться стічні води в систему каналізації чи безпосередньо в поверхневі водні об'єкти. Плата за скид стічних вод розраховується по кожному басейновому органу їх управліннями. Розмір плати залежить від обсягу стічних вод, а також витрат на очищення та управління якістю водних об'єктів.

Така практика може бути ефективною, оскільки Україна вже перейшла до управління водними ресурсами за басейновим принципом, створила відповідні басейнові ради, надавши їм відповідні повноваження. Враховуючи значну територіальну диференціацію з водозабезпеченням та якістю води такий підхід був би більш обґрунтованим та економічно доцільним.

Також Україна може скористатися досвідом Польщі щодо раціонального водокористування та управління водними ресурсами

Варшава поклала старт екомодернізації власної економіки у 2004 році в рамках реалізації декількох програм. Лише в межах програми «Інфраструктура і довкілля» 2014-2020 рр. побудовано понад 1000 об'єктів очищення води та прокладено тисячі кілометрів трубопровідних систем. За період 2017-2020 рр. було профінансовано Національний план управління муніципальними стічними водами та модернізовано водну інфраструктуру 1578 агломерацій [21].

Польща є однією з країн Європи, які потерпають від нестачі води, а споживання води промисловістю у 2-3 рази вище, ніж у багатьох інших країнах ЄС. Тому Польща наголошує на зменшенні надмірного споживання води без втрати обсягів промислового виробництва. Значної шкоди водним об'єктам завдає видобування вугілля.

Промислові об'єкти повинні встановлювати обладнання (за рахунок фінансування Державного водного господарства Води Польщі – PGW WP) для вимірювання кількості забраної води та кількості стічних вод, які виливаються в ґрунт та/або водойми.

Як і у Великій Британії, плата за послуги з водопостачання складається з фіксованої плати (визначається щорічно PGW WP) та змінної плати (граничний поріг – 0,04 євро за 1 м³). Діє система штрафів у сфері водокористування.

Належну увагу питанню модернізації управління водними ресурсами в Румунії почали приділяти з 2007 року. Проблеми забруднення вод практично ідентичні з тими, що й у Польщі. Крім того, значної шкоди водним ресурсам завдає видобування нафти, У 2021 р. країна отримала кошти Фонду гуртування ЄС, спрямовані на модернізацію водної інфраструктури в шести жудецях.

Як і у Польщі, в Румунії також діє водний закон з платою за послуги водопостачання, а також законом передбачені досить високі штрафи за порушення норм водокористування (від 250 тис. румунських лей (1,68 млн грн) до 10 млн румунських лей (67,2 млн грн)).

Багато проєктів з екомодернізації водної інфраструктури реалізуються органами місцевого самоврядування. Вони переважно спрямовуються на реконструкцію діючої розподільчої мережі резервуарів для зберігання води, будівництво нової каналізаційної інфраструктури, водопровідних труб, реконструкцію очисних споруд [21].

Завдяки точковим регіональним програмам вдалося суттєво знизити промислове забруднення вод викидами фосфору та шкідливих металів. Хоча Румунії є куди рухатися у плані виконання євростандартів.

Україна може скористатися досвідом Польщі та Румунії в частині нормативного регулювання управління водними ресурсами, що сприятиме залученню інвестицій ЄС.

Враховуючи те, що останнім часом почастишали випадки повеней і затоплень, Україні доцільно скористатися досвідом Данії у частині протидії цим викликам. Запровадження в Данії Директиви ЄС про повені (2007/60/ЄС) підкреслило виклик, з яким стикаються органи влади через це природне явище. Низка муніципалітетів і комунальних підприємств співпрацюють на місцевому рівні, щоб захистити свої міста від впливу кліматичних змін.

Заходи щодо захисту міст від повеней, паводків включають: обмеження кількості поверхневих вод, які дозволені до скиду в каналізацію; зміна напрямку поверхневих вод під час сильного дощу в місця, де вони можуть спричинити якомога менше збитків; використання міської інфраструктури як аварійних каналів для поверхневих вод.

Муніципалітети регулюють кількість поверхневих вод, які можуть скидати через систему громадської каналізації, рівень їх консолідації щодо поверхневих вод на окремих ділянках, встановлюють обмеження для власників земельних ділянок щодо кількості поверхневих вод. У містах побудовані специфічні споруди, які можуть слугувати резервуарами поверхневих вод на випадок сильних дощів. Це можуть бути невеликі штучні або природні ставки, які є сухими впродовж більшої частини року, але можуть затримувати поверхневих вод у разі сильних дощів на території парків, скверів, спортивних майданчиків.

Україна також доєдналася до реалізації директиви ЄС, спрямованої на запобігання, захист та зменшення негативного впливу повеней на здоров'я людей, довкілля, культурну спадщину та господарську діяльність.

Директивою регламентовані затоплення, спричинені річками, гірськими потоками, морем у прибережних зонах. Виходячи з цього, передбачається розробка та запровадження Планів управління ризиками затоплення та їх узгодження та інтеграцію до Планів управління річковими басейнами.

Такі плани розробляються лише для територій у межах певного річкового басейну на підставі попередньої оцінки ризиків затоплення. Для визначених територій передбачена розробка карти загрози затоплення для повеней та карти ризиків затоплення.

Крім того, варто звернути увагу на європейську практику формування ціни на водні послуги, яка включає податки, водний тариф і водні платежі.

З метою удосконалення політики водокористування в Україні, доцільно запозичити європейський досвід диференційованого підходу до формування рентної плати й тарифної політики у загальному та спеціальному водокористуванні.

Методика визначення вартості споживання води теж суттєво відрізняється в кожній країні. Це сформувало значну цінову диференціацію в різних країнах і для різних категорій водокористувачів.

Важливе значення для збереження трудового потенціалу населення та розвитку економіки має дотримання показників якості питної води.

Директива Ради 98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною спрямована на забезпечення захисту здоров'я людей від несприятливого впливу будь-якого забруднення води, призначеної для споживання людиною, гарантуючи відповідну якість цієї води.

Нею встановлюються відповідні стандарти води, яка призначена для споживання людиною. У директиві розглянуті 48 мікробіологічних та фізико-хімічних показників якості, радіологічні показники, вміст яких у воді повинен постійно контролюватися. Крім того, Директивою встановлені вимоги щодо моніторингу якості питної води [16] (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Тарифи за 1 м³ води у розрізі категорій водокористувачів, дол. США

| Домогосподарства | Промисловість | Аграрний сектор |
|-----------------------|-----------------------------------|--|
| Нідерланди – 3,2 | Велика Британія і Туреччина – 1,7 | Нідерланди – 1,4 |
| Франція – 3,1 | Угорщина – 1,5 | Австрія – 1,0 |
| Велика Британія – 2,2 | Іспанія – 1,3 | Франція і Греція – 0,2 |
| Інші країни - 1,0-2,0 | Португалія – 1,2 | Іспанія, Угорщина, Велика Британія, Португалія – 0,1 |
| | Нідерланди – 1,0 | |
| | Франція – 0,9 | |

Джерело: систематизовано авторами.

За дослідженнями науковців тільки 42 % українців задоволені якістю питної води, у той час коли у країнах ЄС цей показник коливається від 61 % (Болгарія) до 96 % (Австрія, Велика Британія, Німеччина, Швеція).

На рис. 1.13 зображено рейтинг країн, які мають найвищі показники якості питної води.

| Найвища якість питної води | Гарна якість питної води | Безпечна вода |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Австрія • Фінляндія • Греція • Ісландія • Ірландія • Мальта • Нідерланди • Норвегія • Швейцарія • Велика Британія | <ul style="list-style-type: none"> • Німеччина • Люксембург • Швеція • Італія • Данія | <ul style="list-style-type: none"> • Іспанія • Франція • Ізраїль • Бельгія • Японія • Канада • США (окремі штати) |

Рис. 1.13. Рейтинг країн, які мають найвищі показники якості питної води
Джерело: [23].

Отже, національну систему водозабезпечення та раціонального споживання доцільно будувати з дотриманням таких принципів:

1. Задовольняти потреби споживачів у воді відповідно до принципів ощадливого ставлення до водних ресурсів, а також зменшення антропогенного навантаження на гідросферу.

2. Підтримувати економічний розвиток країни шляхом підвищення ефективності водокористування.

3. Забезпечувати населення якісною питною водою, що сприятиме підтриманню його трудового потенціалу, а також підвищенню якості життя.

4. Впроваджувати заходи, що будуть спрямовані на скорочення регіональних та урбаністичних дисбалансів.

5. Створювати та постійно підтримувати стратегічні резерви запасів питної води.

6. Налагоджувати логістичні маршрути забезпечення водою проблемних регіонів [22].

Кращі європейські практики економічного регулювання водокористування з дотриманням принципів екологічної безпеки в Україні доцільно поступово впроваджувати з використанням певних механізмів, що сприятимуть швидкому та ефективному переходу до сучасних практик раціонального та ощадливого водокористування, а також забезпечення екологічної безпеки держави. Проте варто враховувати, що розробка та практична реалізація таких механізмів потребує додаткових наукових досліджень і обґрунтувань.

1.3 Сучасні підходи до водокористування з дотриманням принципів водної безпеки в Україні

Водна безпека країни в контексті забезпечення безпеки водоспоживання та водокористування пов'язана з усіма аспектами національної безпеки, адже зменшує обороноздатність країни, робить населення, країну більш вразливими для зовнішніх загроз (отруєння водних ресурсів під час збройних конфліктів).

У зв'язку із зазначеним підвищується актуальність гарантування державою безпеки водокористування, водної безпеки своїм громадянам шляхом створення їхнього рівного права на чисту питну воду, що ґрунтується на дотриманні її належної якості як для питного водопостачання, так і для використання при вирощуванні агрокультур, риби та аквакультури, а також для забезпечення гігієнічних потреб населення і можливості використання для купання у відкритих та закритих водоймах.

Україна поетапно впроваджує інтегровану систему управління водними ресурсами, систему моніторингу поверхневих вод, розробляє плани управління річковими басейнами. Діє децентралізована система інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом, сформовані басейнові ради, як і

є платформою для напрацювання узгоджених алгоритмів дій щодо управління територіями річкових басейнів, а також є консультативно-дорадчим органом.

Створення басейнових рад сприяло тому, що водокористувачі, управлінці, громадськість та представники наукової спільноти долучаються до спільного вирішення актуальних питань, пов'язаних зі збереженням водних ресурсів та покращенням їхнього стану.

Басейнові ради спільно з басейновими управліннями вирішують питання стану водних ресурсів, запобігання несанкціонованим скидам та неконтрольованим водозаборам. Така співпраця покликана дати синергійний ефект для збереження водних ресурсів, покращення якості води та збереження її для наступних поколінь.

Україні для вирішення проблем збереження водних ресурсів, підтримання водної безпеки країни за швейцарською моделлю необхідні спільні дії влади, бізнесу та громадськості, які дозволять сформуванню загальнодержавну стратегію управління водними ресурсами, яка враховуватиме регіональні особливості та потреби водокористувачів; створити ефективну систему збору даних та розширити статистичну базу щодо використання водних ресурсів, що дозволить своєчасно отримувати інформацію щодо показників водозабезпечення, водокористування та якості води з метою вчасного прийняття управлінських рішень, а також чітко розподілити відповідальність за фінансування завдань у сфері водопостачання між гілками державної та місцевої влади.

Наразі Україна активно допрацьовує нормативну базу з метою наближення українського до європейського, згідно з Угодою про асоціацію Україна – ЄС взяла на себе зобов'язання щодо впровадження 6 водних Директив ЄС, докладає максимум зусиль до впровадження в практику управління водними ресурсами інтегрованих підходів за басейновим принципом

Кращі європейські практики економічного регулювання водокористування з дотриманням принципів екологічної безпеки в Україні доцільно поступово впроваджувати з використанням певних механізмів, що сприятимуть швидкому та ефективному переходу до сучасних практик раціонального та ощадливого водокористування, а також забезпечення екологічної безпеки держави. Втім, варто враховувати, що розробка та практична реалізація таких механізмів потребує додаткових наукових досліджень і обґрунтувань.

З кожним роком виникають ризики реалізації базових принципів водної безпеки України (недостатня кількість водних ресурсів, проблеми якості води, використання застарілих механізмів очищення, ризики для здоров'я населення від споживання неякісної води), що потребує своєчасного вжиття комплексу невідкладних заходів для своєчасного реагування на них (рис. 1.14).

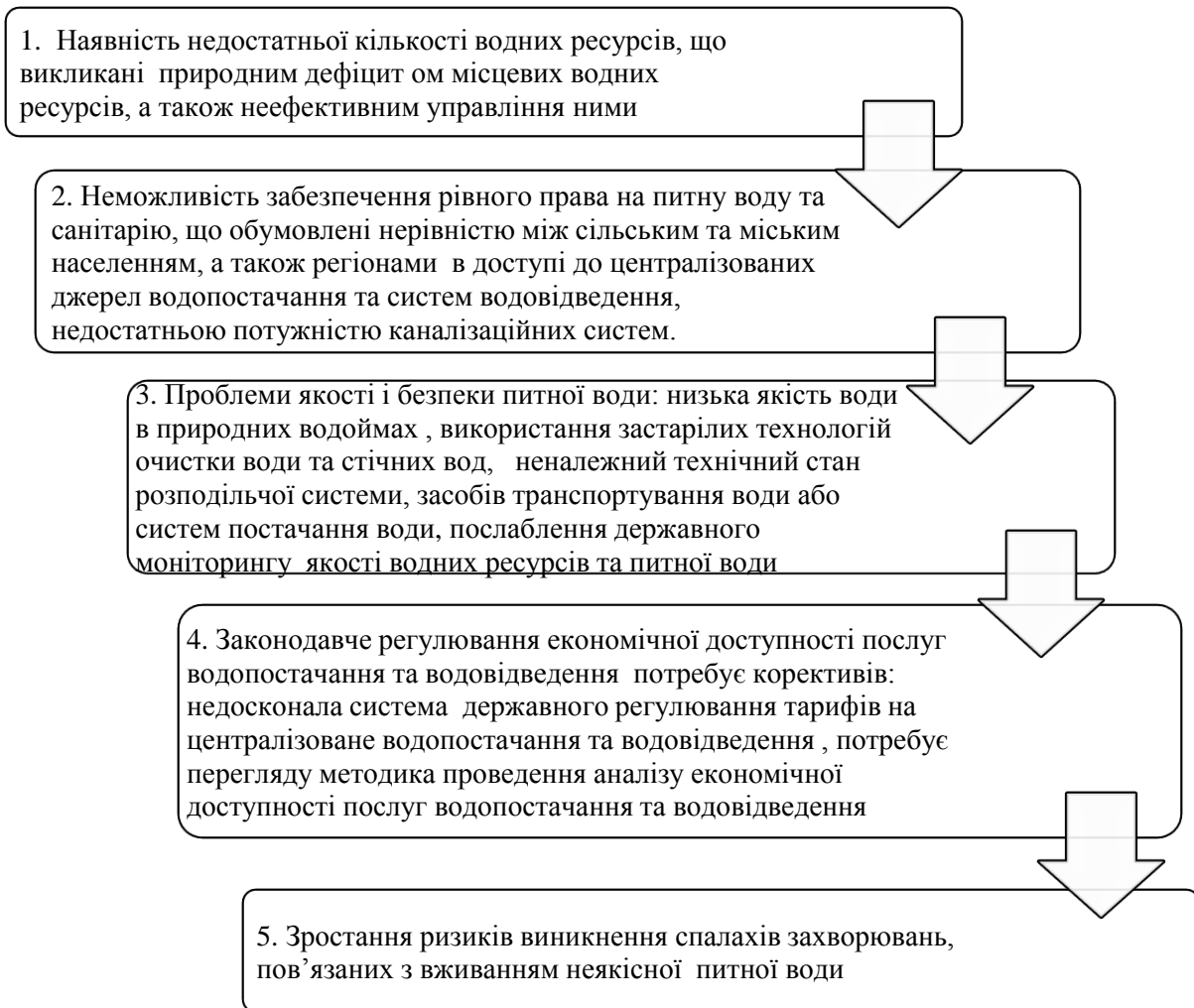



Рис. 1.14. Ризики реалізації базових принципів водної безпеки України
Джерело: сформовано за [24].

У 2017 році Україна адаптувала на національному рівні Цілі сталого розвитку в частині забезпечення рівних прав доступу до безпечної, економічно доступної питної води та доступу до адекватних та належних санітарно-гігієнічних умов» (ЦСР № 6, п. 6.1 та 6.2). Забезпечення загального доступу до безпечної та недорогої питної води для всіх до 2030 року вимагає від нас інвестування у відповідну інфраструктуру, забезпечення санітарно-технічних споруд, а також стимулювання гігієни на всіх рівнях. Захист і відновлення водних екосистем, таких як ліси, гори, болота й річки, має важливе значення для пом'якшення дефіциту води. Активніше міжнародне співробітництво також є необхідним для стимулювання ефективного використання водних ресурсів і забезпечення технологій обробки у країнах, які розвиваються.

Проблему підвищення рівня водної безпеки й надалі доцільно вирішувати насамперед неекономічними інструментами (технічне, санітарно-епідеміологічне та екологічне регулювання, що відносять до групи адміністративних інструментів), а регулювання якості води – шляхом використання відповідних норм, технічних заходів, систем контролю та моніторингу (рис. 1.15).

ПОКАЗНИКИ ТА ІНДИКАТОРИ МОНІТОРИНГУ

| | | |
|---|--|---|
| 6 ЧИСТА ВОДА ТА НАЛЕЖНІ САНИТАРНІ УМОВИ  | частка (%) міського населення / домогосподарств, що має доступ до централізованого водопостачання; відсоток сільського населення/ домогосподарств, що має доступ до покращених джерел водопостачання | кількість та % дошкільних та загальноосвітніх навчальних закладів та медичних закладів, що мають доступ до покращених джерел питної води. |
|---|--|---|

Ключові пріоритети до 2030 року

- загальний і рівноправний доступ до безпечної і недорогої питної води та належних санітарно-гігієнічних засобів;
- підвищення якості води за допомогою зменшення забруднення, ліквідації скидання відходів і зведення до мінімуму викидів небезпечних хімічних речовин та матеріалів;
- підвищення ефективності водокористування в усіх секторах та забезпечити стійкий забір і подачу прісної води для вирішення проблеми нестачі води;
- комплексне управління водними ресурсами на всіх рівнях;
- охорона і відновлення пов'язаних з водою екосистем, у тому числі гір, лісів, водно-болотних угідь, річок, водоносних шарів і озер;
- міжнародне співробітництво й підтримка щодо зміцнення потенціалу країн, що розвиваються, щодо здійснення діяльності та програм у галузі водопостачання й санітарії;
- зміцнення участі місцевих громад у поліпшенні водного господарства та санітарії

Рис. 1.15. Основні показники, індикатори оцінки, ключові пріоритети реалізації Цілі сталого розвитку 6 «Чиста вода та належні санітарні умови»
Джерело: [25].

Національні цільові показники забезпечення безпечності та якості питної води за мікробіологічними показниками та хімічним складом у 2015-2025 рр. відповідно до Протоколу про воду та здоров'я в Україні планується суттєво раціоналізувати, забезпечивши таким чином споживання населенням більш якісної питної води (табл. 1.9). На період 2015-2025 рр. передбачається проведення комплексу заходів, що сприятимуть поступовому покращенню якісних характеристик питної води за мікробіологічними показниками для міських водопроводів на 1,1 %, сільських – 4,6 %, нецентралізованого водопостачання – на 2 %.

Таблиця 1.9 – Цільові показники забезпечення безпечності та якості питної води за мікробіологічними показниками та хімічним складом у 2015-2025 роках

| Показник | Рік | | |
|---|------|------|------|
| | 2015 | 2020 | 2025 |
| Відсоток проб, що не відповідає нормативам за мікробіологічними показниками (кишкова паличка (E.coli) та ентерококи): | | | |
| міські водопроводи | 3,1 | 3,0 | 2 |
| сільські водопроводи | 7,6 | 6 | 3 |
| нецентралізоване водопостачання | 18 | 17 | 16 |
| Відсоток проб, що не відповідає нормативам за хімічними показниками: | | | |
| міські водопроводи | 12,4 | 12 | 7 |
| сільські водопроводи | 22,5 | 22 | 15 |
| нецентралізоване водопостачання | 32,7 | 31,6 | 30 |

Джерело: Національні цільові показники до Протоколу про воду та здоров'я в Україні та заходи їх досягнення.

За хімічними показниками передбачається скоротити відсоток проб, що не відповідають вимогам на 5,4 % для міських водопроводів, 7,5 % – для сільських та 2,7 % для нецентралізованого водопостачання – на 2,7 %.

Для підвищення безпеки користування на урбанізованих територіях необхідно: підвищити якість питної води в системах водопостачання; забезпечити охорону та раціональне використання водних ресурсів з використанням економічних, адміністративних, морально-психологічних методів, а також надання якісних освітніх послуг у частині формування та реалізації екологічних потреб [26, с. 195], підвищити економічну ефективність систем питного водопостачання.

За прогнозами вчених, до 2025 р., якщо не вживати термінових заходів, без питної та побутової води можуть залишитися близько 3 млрд людей, а ще $\frac{2}{3}$ мешканців земної кулі страждатимуть від її нестачі. Приблизно між 2035 і 2045 роками обсяг прісної води, що споживається, зрівняється з її ресурсами. За оцінками, зі всієї води Землі прісна вода становить лише 2,5 %, тобто близько 35 млн км³. При цьому її основна маса зосереджена в айсбергах. Обсяг економічно доступних ресурсів прісної води неухильно зменшується внаслідок негативних антропогенних впливів на природні системи її відтворення.

Проблема безпеки і проблема сталого розвитку є тісно пов'язаними. Одним із найбільш важливих способів вирішення цієї проблеми є формування екологічного світогляду між усіма членами суспільства. Особливо актуальним сьогодні є також необхідність запровадження високої екологічної культури, що проявлятиметься в необхідності раціонального використання природних ресурсів; зменшення забруднення навколишнього середовища; збереження та відтворення природного середовища проживання людини.

Список використаних джерел до розділу 1

1. Авраменко Н. Л., Сагайдак І. С., Чорна Т. М. Економіка водокористування: стан, проблеми, перспективи : монографія. Київ : ТОВ «7БЦ», 2018. 138 с.
2. Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України. Аналітична записка. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/analiz-aktualnikh-fchinnikiv-pogirshennya-yakosti-pitnogo>.
3. Закорчевна Н. Б. Національна політика управління водними ресурсами України. URL: <http://gntb.gov.ua/files/conf08/zak.pdf>.
4. Дезірон О. В., Таранюк О. В. Водні ресурси. *Енциклопедія Сучасної України* : енциклопедія / ред.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2006. Т. 5. URL: <https://esu.com.ua/article-27325>.
5. Війни XXI століття – війни за воду. Defense Express. 05 грудня 2020. URL: https://defence-ua.com/army_and_war/vijni_za_vodu-2234.html.
6. Державне агентство водних ресурсів України: вебсайт. URL: <https://www.davr.gov.ua>.
7. United States Geological Survey. URL: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school>.

8. Кичко І. І. Житлове будівництво в Україні в контексті урбаністичних та демографічних змін. *Демографія та соціальна економіка*. 2021. № 3 (45). С. 155-168.
9. Державна служба статистики України: вебсайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>.
10. Природно-ресурсна сфера України: проблеми сталого розвитку та трансформацій / під заг. ред. Б. М. Данилишина. Київ : ЗАТ "Нічлава". 2006. 704 с.
11. Кичко І. І., Маргасова В. Г., Холодницька А. В. Антропотехногенні чинники впливу на безпеку водокористування в контексті урбаністичних процесів: причини, наслідки та методи протидії. *Економічний простір*. 2022. № 179. С. 100-107. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/179-15>.
12. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2020 році. Міністерство розвитку громад та територій України. Київ, 2021. 385 с.
13. Кичко І. І., Холодницька А. В. Раціональне водокористування в контексті забезпечення населення якісною питною водою, збереження здоров'я та тривалості життя. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2021. № 2(26). С. 7-17.
14. Коба В. Г., Пахота Н. В. Досвід ЄС у забезпеченні розвитку водогосподарського комплексу регіонів та культури поводження з водними ресурсами. *Причорноморські економічні студії*. 2017. Вип. 24. С. 42-45.
15. Гулич О. І. Європейська практика досягнення ефективної екологічної безпеки у сфері водокористування. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2020. Вип. 6 (146). С. 64-69.
16. Проект ЄС «Додаткова підтримка Міністерства екології та природних ресурсів України у впровадженні Секторальної бюджетної підтримки». Якість води та управління водними ресурсами: короткий опис Директив ЄС та графіку їх реалізації. Київ, 2015. 15 с.
17. Кузьменков О. Публічний звіт про результати діяльності держводагенства у 2021 році. *Державне агентство водних ресурсів України*. Київ, 2021. 21 с. URL: <https://www.davr.gov.ua/fls18/2021zvrit.pdf>.
18. Башняк Г., Дуплій Н., Литвиненко Л., Присяжнюк І., Яремчук П., Пінчук В. Зелена книга. Аналіз сфери спеціального водокористування та проведення робіт на землях водного фонду. Київ : Офіс ефективного регулювання, 2020. 207 с.
19. AQUASTAT - FAO's Global Information System on Water and Agriculture. URL: <https://www.fao.org/aquastat/en/overview/>.
20. Мовчан С. І. Вплив екологічних показників на якість життя населення. *Наука, освіта, суспільство: реалії, виклики, перспективи*: зб. матеріалів конференції. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. Т. 1. С. 155-157.
21. Європейські практики, що дозволили суттєво знизити промислове забруднення вод. 19.04.2021. URL: <https://ecolog-ua.com/news/yevropeyski-praktyku-shcho-dozvolyly-suttjevo-znyzyty-promyslove-zabrudnennya-vod>.
22. Холодницька А. В. Українсько-швейцарська модель співпраці у сфері збереження водних ресурсів та ефективного управління ними в умовах зміни

клімату та підвищеного антропогенного навантаження. *Проблеми і перспективи економіки та управління*, 2022. № 2(30). С. 74-84.

23. У яких країнах можна пити воду з-під крана. *Слово і діло*. 10.06.2021. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/06/10/infografika/suspilstvo/yakux-krajinaх-mozhna-pyty-vodu-z-pid-krana>.

24. Цветкова Г. Протокол про воду і здоров'я як інструмент водної безпеки. 23.03.2020. *ECOBUSINESS. Екологія підприємства*. 2020. № 2. URL: <https://ecolog-ua.com/news/protokol-pro-vodu-i-zdorovya-yak-instrument-vodnoyi-bezpeky>.

25. Цілі сталого розвитку. Глобальний договір ООН в Україні. URL: <https://globalcompact.org.ua/pro-nas/tsili-stijkogo-rozvytku/>.

26. Кичко І. І. Соціально-економічні детермінанти особистих потреб. Чернігів : Чернігівський державний технологічний університет, 2013. 333 с.

РОЗДІЛ 2

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ

2.1. Оцінка рівня забруднення водних об'єктів Чернігівської області за гідрохімічними показниками

Вплив людини на водні джерела й ландшафти водозбірних басейнів призводить до порушення умов формування стоку й водного режиму, зниження самовідновлювальної здатності водних ресурсів. Це впливає на зменшення водності річок, зниження їх біопродуктивності, погіршення якості води, збільшення негативного впливу води на земельні ресурси, здоров'я населення та ін. Водні ресурси тривалий час вважалися невичерпними і здатними до самоочищення. Вода як природний ресурс, на відміну від нафти, газу, вугілля, кожен рік відновлюється в процесі глобального водообміну. У світі є занепокоєння щодо швидких темпів забруднення та виснаження водних ресурсів, що своєю чергою призводить до погіршення ситуації з забезпеченням населення питною водою.

Підписання Угоди Україна – ЄС зобов'язало Україну запровадити європейські стандарти в багатьох сферах життєдіяльності, у тому числі й у системі управління водними ресурсами, що спонукатиме до розвитку сфери водокористування на засадах сталості.

Угода про асоціацію з ЄС сформулювала алгоритм щодо впровадження сталого управління водними ресурсами України, а саме: формування законодавчої бази в частині управління водними ресурсами; розробка моніторингу якості поверхневих вод; розробка планів управління річковими басейнами.

Досягнення достатньої якості води у водних об'єктах країн ЄС через основні рамкові положення встановлює Директива 2000/60/ЄС Європейського парламенту та Європейської ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики». В Україні започатковано процес інституційних змін в галузі водокористування, зокрема на це вплине водна стратегія, яку схвалено до 2050 р. Саме завдяки прийняттю водної стратегії буде сформовано модель водного сектору України, визначено напрямки водної політики та шляхи вирішення проблем у сфері водних ресурсів та відповідно це сприятиме сталому водокористуванню та досягненню Україною Цілей сталого розвитку.

Значне, багатостороннє та довготривале використання річок України в різних сферах людської діяльності призвело до істотних змін з погляду гідрології. Останнім часом істотно погіршився стан багатьох водогосподарських об'єктів, ускладнився їх експлуатаційний режим. У процесі дослідження за об'єкт дослідження впливу антропогенного навантаження на водні об'єкти нами було взято річку Остер.

Несприятлива екологічна ситуація, що склалась на річці Остер у 2016-2017 рр., викликана факторами антропогенного плану (навмисних та ненавмисних), які сформувались у сільськогосподарському секторі економіки, промисловому та житлово-комунальному. У результаті взаємодії цих факторів відбулись певні зміни екосистеми річки. Нами було проведено аналіз якості води за гідрохімічними показниками та оцінено екологічний стан вод річки Остер. Проблема екологічного стану поверхневих вод є актуальною для всіх водних басейнів України [1].

Незважаючи на спад виробництва та зупинку багатьох підприємств, природні води продовжують належати до доволі забруднених елементів довкілля, оскільки не спостерігається вагомого покращення їхньої якості, суттєвого зменшення скиду неочищених або недостатньо очищених стічних вод. Це, зокрема, пов'язано з погіршенням технічного стану наявних очисних споруд, відсутністю коштів на їх ремонт і реконструкцію, а також з порушенням природоохоронного режиму прибережних захисних смуг та водних зон [2].

Річка Остер, яка протікає сімома районами Чернігівської області, залишається однією з найбільш вразливих річок басейну Десни, що страждають від кліматичних змін та антропогенного навантаження. Усі 195 км його русла течуть рівнинною місцевістю. Притоки Остра маловодні та протікають у заболочених рівнинах без чіткого русла. У заплаві річки від місця впадіння в р. Десну до с. Кальчинівка на території Козелецького та Ніжинського районів розміщена Остерська ОЗС. Основний водоприймач системи – відрегульоване річище Остра, яке водночас є магістральним каналом [3]. В умовах маловоддя та слабкої течії канали меліоративної системи швидко замулюються.

Дослідженнями в напрямку оцінки якості води річки Остер займалися такі вчені, як П. С. Лозовицький, у роботах якого наведено результати 75-річних досліджень змін хімічного складу води річки Остер (м. Остер) за період 1938-2013 рр. [3], та М. Н. Ладика зі співавторами, які представили результати оцінки якості води за індексом забруднення води за 2011-2013 рр.

Улітку 2016 р. було зафіксовано погіршення екологічної ситуації на р. Остер на території Ніжинського, Носівського, Козелецького районів. В цілому стан поверхневих вод р. Остер було оцінено, як такий, що перебуває під значним антропогенним впливом, як вода з порушеними екологічними параметрами, їхній екологічний стан оцінено як екологічний регрес [4].

Одним з обов'язкових інструментів системи моніторингу водних об'єктів є періодичний контроль за гідрохімічними показниками якості води. Деснянське басейнове управління водних ресурсів забезпечує виконання спостережень за хімічними та фізико-хімічними показниками якості води у 10 пунктах моніторингу суббасейнів Верхнього Дніпра та річки Десна [5] з єдиним пунктом моніторингу на р. Остер – 1 км нижче смт Козелець.

Результати лабораторних досліджень за пунктами моніторингу є у відкритому доступі на офіційному сайті Держводагенства [6], але, на жаль, стосовно р. Остер представлено дані лише за 2018 р. Оскільки склад

поверхневих вод, спричинений антропогенним навантаженням, змінюється щороку і потребує вивчення, нами було проаналізовано якість води за гідрохімічними показниками та вмісту важких металів (міді, цинку, свинцю й кадмію), а також оцінено екологічний стан вод річки Остер за період 2018-2020 рр. у контрольних створах.

Відбори проб поверхневої води з річки Остер проводилися у квітні-травні згідно з [7; 8]. Місця для відбору проб обирали на основі вивчення місцевості з врахуванням розміщення джерел антропогенного забруднення водойми: № 1 – вище м. Ніжин, № 2 – у межах м. Ніжин, № 3 – нижче м. Ніжин, № 4 – вище смт Козелець, № 5 – у межах смт Козелець, № 6 – нижче смт Козелець, № 7 – вище м. Остер, № 8 – м. Остер, № 9 – нижче м. Остер.

Аналіз якості води за гідрохімічними показниками здійснювали на сертифікованому обладнанні лабораторії Державної екологічної інспекції у Чернігівській області, згідно з чинними нормативними документами та методиками. Дослідження вмісту важких металів та сполук нітрогену та фосфору річкової води проводили в лабораторії промислової екології НУ «Чернігівська політехніка». Вміст важких металів визначали методом інверсійної вольтамперометрії на аналізаторі TA-Lab за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми TA-Lab (версія 3.6.10), аналіз проводили за стандартною методикою для води.

Визначення азоту амонійного, нітрат-, нітрит- та фосфат-іонів, заліза (заг) та мангану проводили на місці одразу після відбору проб води методом колориметрії на портативному фотоколориметрі з вбудованими аналітичними програмами AQ4000 за допомогою відповідних кожній методиці таблетованих реагентів: АС 2012 (LR), АС 2007, АС2082, АС2095, АС2078, АС2055, відповідно. Пробу кожного зразка води аналізували тричі в паралельних дослідах. Результати обробляли методом математичної статистики.

Аналіз результатів лабораторних досліджень вод показав, що якість води знаходиться в задовільному стані. Перевищення рівня ГДК_{рг} [9] не спостерігалось протягом досліджуваного терміну за такими показниками, як: завислі речовини, азот нітритний та азот нітратний, рН, лужність, жорсткість, сульфати, хлориди, кальцій, магній, сухий залишок, АПАР, нафтопродукти.

Важливе значення для характеристики якості поверхневих вод відіграють такі показники, як БСК, ХСК та розчинний кисень. Чим більше забруднена вода річок органічними речовинами, тим більше її ХСК та БСК [10]. За величиною БСК у 2020 р. немає перевищення, а перевищення рівня ГДК_{рг} за показником ХСК зафіксовано у витоковій частині та вище м. Остер. Саме у 2020 р. спостерігається зниження вмісту розчинного кисню менше за 5,0 мг/дм³ на деяких ділянках річки, зокрема: витоковій частині, після населених пунктів смт Козелець та м. Остер, тобто відбувається значне уповільнення бактеріальної деструкції органічних речовин та інтенсивність самоочищення зменшується. Найімовірніше, що погіршення кисне насичення річки є результатом збільшення вмісту органічних відходів, що потрапляють у воду.

Підвищений вміст іона амонію часто спостерігається в місцях скиду стічних вод і свідчить про анаеробні умови формування хімічного складу води і про її незадовільну якість. Кожен рік має місце перевищення вмісту амонійного азоту, воно незначне (1,08-1,24 ГДКрг) і має різну локалізацію, окрім створу № 3, тобто нижче м. Ніжин, де два останні роки спостерігається 1,36-1,33 ГДКрг відповідно.

Фосфати потрапляють у поверхневі води в основному з комунальними стічними водами, що містять поліфосфати як компоненти мийних засобів, фотореагенти та пом'якшувачі води. Важливим фактором є змив фосфатних добрив із сільськогосподарських угідь. З кожним роком збільшується забруднення фосфатами, що простежується за кількістю контрольних пунктів, в яких встановлено перевищення рівня ГДКрг (1,14-3,27 ГДКрг).

Забруднення води р. Остер загальним залізом (1,2-11,5 ГДКрг) та манганом (2,6-3,8 ГДКрг) є характерним, що пояснюють переважно природними факторами, що залежить від сезонних коливань, які є характерним природним фоном для річок Поліської зони [11]. Одна у воді на рівні м. Остер спостерігається найвища концентрація заліза (заг.) у 2020 р., що може бути пов'язане зі стічними водами галузей промисловості та сільськогосподарських угідь, зливовими водами та поверхневим стоком.

Особливо небезпечними за впливом на екологічну систему водних об'єктів є важкі метали, які належать до класу консервативних забруднюючих речовин, що не використовуються та не розкладаються при міграції по трофічних ланцюгах гідроекосистем, мають мутагенну та токсичну дію, значно знижують інтенсивність проходження біохімічних процесів у водних об'єктах. Вміст важких металів у природних водах змінюється в залежності від їх потрапляння із забрудненими стічними водами, з поверхневим та підземним стоком, а також у складі атмосферних опадів [10].

На рис. 2.1 наведено результати визначення концентрації іонів важких металів у воді р. Остер (2018, 2020 рр.). Вміст іонів важких металів у воді всіх досліджуваних проб не перевищує рівня ГДКрг. У деяких пробах води іони кадмію або не були визначені, або їх концентрація була нижче межі визначення обраного методу.

Проте спостерігається тенденція до збільшення вмісту іонів свинцю у воді майже за всією течією у 2020 р. порівняно з 2018 р., з явним переважанням нижче м. Ніжин, що може бути результатом антропогенної діяльності.

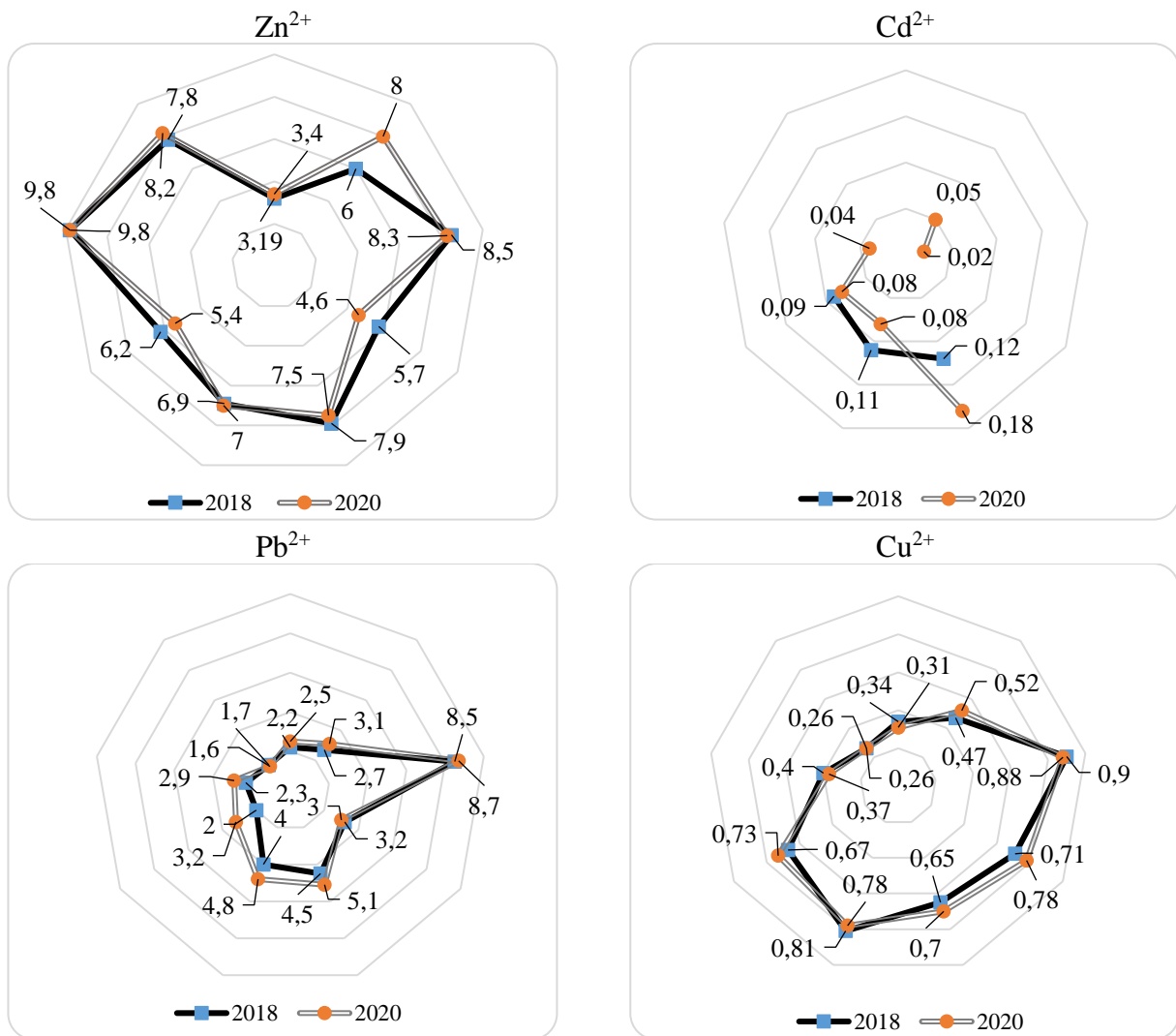


Рис. 2.1. Вміст іонів важких металів у воді р. Остер

Джерело: розраховано авторами.

Визначення індексу забруднення вод (ІЗВ) вважається найдоступнішим методом комплексної оцінки забрудненості водних об'єктів, який базується на показниках хімічного складу води [12]. З метою оцінки якості води в р. Остер за ІЗВ було обрано наступні п'ять гідрохімічних показників: обов'язкові – БСК₅ та вміст азоту амонійного та залізо загальне, ХСК, по яких зафіксовано перевищення ГДК, і фосфати, які є лімітуючим фактором для процесів евтрофікації. У табл. 2.1 представлено величини розрахованих ІЗВ, за якими виділяються класи якості води та їх характеристика.

У процесі виконання проекту, що реалізується за підтримки Держводагентства, протягом 2019-2020 рр. проводився поточний ремонт трьох гідротехнічних споруд та розчищення русла на п'яти ділянках каналу [5], можливо це і сприяло тому, що у 2020 р. майже половина вод річки характеризується як чисті. Отже, якщо розглядати середнє значення величини ІЗВ за роками (1,07; 1,27; 1,30, відповідно), то води річки Остер за рівнем забрудненості відносяться до III класу якості, що характеризує поверхневі води як «помірно забруднені».

Таблиця 2.1 – Індекс забруднення води та категорії її чистоти

| номер створу | 2018 р. | | | 2019 р. | | | 2020 р. | | |
|--------------|---------|--------------------------------|---------------------|---------|--------------------------------|---------------------|---------|--------------------------------|---------------------|
| | ІЗВ | Характеристи ка якості води | Клас якості води | ІЗВ | Характеристи ка якості води | Клас якості води | ІЗВ | Характеристи ка якості води | Клас якості води |
| 1 | 0,36 | чиста | II | 1,44 | помірно забруднена | III | 1,12 | помірно забруднена | III |
| 2 | 1,10 | помірно забруднена | III | 1,57 | помірно забруднена | III | 0,90 | чиста | II |
| 3 | 1,05 | помірно забруднена | III | 1,71 | помірно забруднена | III | 1,37 | помірно забруднена | III |
| 4 | 1,20 | помірно забруднена | III | 1,02 | помірно забруднена | III | 0,89 | Чиста | II |
| 5 | 1,14 | помірно забруднена | III | 1,21 | помірно забруднена | III | 0,87 | Чиста | II |
| 6 | 1,17 | помірно забруднена | III | 1,00 | чиста | II | 0,95 | Чиста | II |
| 7 | 0,88 | чиста | II | 1,55 | помірно забруднена | III | 1,36 | помірно забруднена | III |
| 8 | 1,66 | помірно забруднена | III | 0,47 | чиста | II | 2,91 | забруднена | IV |
| 9 | 1,10 | помірно забруднена | III | 1,48 | помірно забруднена | III | 1,33 | помірно забруднена | III |

Джерело: складено авторами.

Таким чином, за 2018-2020 рр. зафіксовано незначні перевищення рівня ГДК_р по вмісту органічних речовин за хімічним та біологічним споживанням кисню, іонів амонію та фосфат-іонів, у 2020 р. – зниження вмісту розчинного кисню, що є результатом збільшення вмісту органічних відходів. Порівнюючи кількість перевищень гідрохімічних показників за течією р. Остер можна зазначити, що більш забрудненими ділянками в 2018 р. були смт Козелець (вище за течією та на рівні селища міського типу) та нижче м. Остер, у 2019 р. – нижче м. Ніжин та вище м. Остер і у 2020 р. – вище м. Ніжин та вище м. Остер. Вищезазначені факти можуть бути пов'язані з потраплянням переважно в результаті антропогенного навантаження, зі стоками води та в результаті природних аномалій. Якість води річки Остер за вмістом важких металів відповідає допустимим рівням за виключенням заліза та мангану. Але підвищений вміст заліза та мангану є характерними для р. Остер за період багаторічних спостережень і є її природним фоном.

За показником індексу забруднення води було встановлено, що вода р. Остер за 2018-2020 рр. належить до категорії якості – помірно забруднена. Проте за 2020 р. якість води на рівні м. Остер характеризується як забруднена й потребує водоохоронної діяльності для оздоровлення її екологічного стану.

2.2. Еколого-економічна оцінка водокористування в басейнових водогосподарських комплексах

Одним із видів людської діяльності, що використовує технічні засоби, які здатні різко змінити природну ситуацію є меліорація. Однак задача полягає в тому, щоб ці зміни здійснювалися в допустимих межах, не спричиняли втрату екологічної рівноваги у природній системі. Для цього необхідно знати основні положення і закономірності екології, усвідомлено володіти ними при проєктуванні, будівництві й експлуатації меліоративних об'єктів.

Проблему меліоративних робіт досліджували такі відомі вчені, як В. І. Вернадський, О. І. Карпінський, О. І. Воєйков, В. С. Доктуровський, Г. І. Танфільєв, В. В. Докучаєв та ін.

Під меліорацією розуміємо цілеспрямоване покращення властивостей природно-територіальних комплексів з метою оптимального використання потенціалу, ґрунтів, вод, клімату, рельєфу та рослинності. Меліорація відрізняється від звичайних агротехнічних прийомів тривалим та інтенсивнішим впливом на об'єкти меліорації [13].

Є понад 30 видів меліорації. Залежно від спрямування здійснюваних меліоративних заходів визначаються такі основні види меліорації: гідротехнічна, культуртехнічна, хімічна, агротехнічна, агролісотехнічна.

Найпоширенішим серед них є гідротехнічна меліорація – зрошення та осушення. Під час зрошення відбувається штучне зволоження ґрунтів із водного джерела з метою забезпечення земель вологою. Під час осушення земель надлишок вологи відводиться за межі шару ґрунту.

В Україні налічується 5485,3 тис. га меліорованих земель, зокрема 2178,3 тис. га зрошуваних і 3307 тис. га осушуваних земель з відповідною меліоративною інфраструктурою. Постійного зрошення потребують майже 19 млн га орних земель, а водорегулювання – 4,8 млн га [14].

Тривале зрошення спричинює низку екологічних проблем. Головна з них – це вторинне засолення ґрунтів, що виникає за надмірного зрошення і високого рівня ґрунтових вод. Зрошення призводить до сильного ущільнення ґрунтів на глибині 20-60 см, погіршуються їхні водно-фізичні властивості, зменшується насиченість киснем до 10 %, а вміст вуглекислоти зростає до 1,5-2,7 %. Крім того, дренажні води, що скидаються з полів, містять велику кількість мінеральних добрив і пестицидів, які забруднюють водойми. Зі зрошенням пов'язана також проблема раціонального використання води. Головним напрямком є підвищення якості зрошувальних систем; для старих систем коефіцієнт корисної дії – 0,25-0,35, для нових – 0,8-0,9. Тому в старих меліоративних системах на шляху від джерела забору води до поливного поля безцільно втрачаються 60-75 % води [15].

Осушення проводять на перезволожених землях, лісах, болотах з метою включення нових територій у сільськогосподарське виробництво. В Україні осушення проводять в областях Полісся. Однак болота є важливими екосистемами, які є джерелом ягід, лікарських рослин, медоносів, грибів тощо. Після проведення осушувальних меліорацій земель в Україні виникли небезпечні екологічні зміни водного балансу території та порушення режиму підземних вод,

зміни в гідроекологічному режимі з частими катастрофічними повенями, посилюються процеси деградації ґрунтів і зменшення продуктивності сільськогосподарських угідь. Уздовж меліоративних систем знижується рівень ґрунтових вод. У перші 5-10 років від початку експлуатації осушувальних систем навколо них формується зона гідрогеологічного впливу від 900 м до 3-5 км. За площею вона у 2-3 рази переважає розміри осушувальних систем. Це негативно позначається на витоках річок і струмків. Нині в деяких річок виток починається на 15-22 км нижче від попереднього.

Особливо небажаним наслідком великомасштабного осушення є посилення після 10 років інфільтрації живлення підземних вод, що порушує їхній баланс і режим. Збільшуються вихідні токи підземних вод, які виходять на поверхню в ослаблених ділянках земної кори – поблизу озерних улоговин, річкових заплавл тощо.

Зони впливу меліоративних систем не стабілізуються в часі, а постійно збільшуються, перекриваючи одна одну. Між річками Полісся України не залишилося великих болотних масивів, які підтримували б рівні ґрунтових вод на сусідніх водоймах, не даючи їм опускатися далеко за межі оптимального залягання.

Осушувальна меліорація на Поліссі призводить до зниження підґрунтових вод в середньому на 0,8–1,0 м, а включення більше як 50 % малих річок у меліоративні системи призвело до порушення їх гідрологічного режиму. Це проявляється в зміні внутрішньорічного перерозподілу стоку річок (на період весняної повені припадає 56 – 84% річного об'єму стоку), у зниженні їхньої біопродуктивності. Відбувається погіршення якісного складу поверхневих вод, падіння самоочисної здатності водойм і річок. Вода стає непридатною для водопостачання [16].

На території України налічується близько 2,8 млн га осушених земель, з яких на площі 1,1 млн га здійснюється двостороннє регулювання водного режиму. Близько 90 % систем з двостороннім регулюванням водного режиму розташовані в басейні Дніпра, переважно на Поліссі (Волинська, Житомирська, Київська, Рівненська, Сумська та Чернігівська області). Решта площі розміщені в басейнах річок Західний Буг, Дунай, Дністер, Південний Буг і Сіверський Донець [17].

Оцінка впливу осушення на водний баланс та режим річок має сторічну історію (від початку великомасштабного осушення на Поліссі) і донині зберігає своє актуальне значення. У зоні Полісся зникають річки, що жилися ґрунтовими водами, тоді як річки, що живляться підземними водами, збільшили свою водність. Зниження рівня ґрунтових вод збільшило ерозію земель (змивання ґрунтів, вітрова ерозія тощо).

Випрямлення русла малих річок на Поліссі супроводжується частими катастрофічними повенями, які призводять до змиву й розмиву ґрунтів, підтоплення й заболочення ряду меліоративних систем, руйнування берегів [15]. На території України перезволожені ґрунти займають 3,7 млн га, що в основному розміщені в поліській частині. Майже на 90 % території таких перезволожених земель було проведено меліоративні роботи. Зокрема, на Волині – 437 тис. га, у Рівненській області – 390, у Житомирській – 425, у Чернігівській – близько 300 тис. га [18].

Враховуючи географічне положення та метеорологічні чинники території Полісся потребують у своїй більшості осушення (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Гідротехнічні меліоративні системи Полісся

| Зрошувальні системи (ЗС) | Осушувальні системи (ОС) | Осушувально-зволожувальні системи (ОЗС) |
|--|--|--|
| Бортницька ЗС (Київська область). Загальна площа зрошувальних земель – 40,4 тис. га. Перша черга системи (24,5 тис. га) введена в дію 1970 р., друга (15,9 тис. га) – 1978 р. | Турська ОС введена в експлуатацію в 1965 р. на території Волинської області (Турське озеро). Протяжність магістрального каналу – 32 км, площа меліорованих земель – 9,1 тис. га. | Трубизька ОЗС – гідромеліоративна система, споруджена в заплаві річки Трубежа і його приток Карані та Недри. Споруджена в 1962 р. на площі 37,6 тис. га в Київській та Чернігівській областях. Осушення і зволоження здійснюються за допомогою відкритих каналів, загальною протяжністю 1238 км. |
| | Мельницька ОС створена в 1967 р. на площі 11,2 тис. га в Рівненській області. | Верхньоприп'ятська ОЗС. Побудована в 1974-1987 рр. на площі 25,1 тис. га у Волинській області. |
| | Копайвська ОС знаходиться у басейні р. Західний Буг (Волинська область). Побудована у 1964 р., загальна площа 3,7 тис. га. | Роменська ОЗС введена в експлуатацію в 1933 р. Загальна площа 14,9 тис. га. Призначена для меліорації боліт та заболочених земель в заплавах річок Ромна і Торговиці на території Сумської та Чернігівської областей. |
| | Замисловицька ОС найбільша та перша в Житомирській області. Будівництво розпочалося у 1925 році, її площа становить близько 16 тис. га. | Ірпінська ОЗС споруджена в 1947-1954 рр., займає площу в 8,2 тис. га. Розташована в Київській області. |
| | Остерська ОС збудована для осушення земель у заплаві р. Остер. в межах Чернігівської області. Будувалась у три черги протягом 1928–55 рр. Площа осушених земель – 34,2 тис. га. | ОЗС Смолянка – одна з найбільших меліоративних систем Чернігівської області (розташована на території Ніжинського та Куликівського районів). Її загальна площа обслуговування становить 16,9 тис. га |
| | | ОЗС р. Здвиж займає площу 7,5 тис. га. Система Здвиж проходить по території Київської області. |
| | | Замисловецька ОЗС розташована у Житомирській області, в долині річки Перги. Створена в 1963 році, загальна площа осушених земель становить 16 тис. га. |

Джерело: складено авторами.

На території Чернігівщини протікає 1570 великих, середніх та малих річок. Більшість малих річок маловодні, а деякі з них влітку пересихають. Русла ряду річок виражені нечітко, тому часто зливаються з прилеглими болотами. Частина малих річок повністю або частково є магістральними каналами меліоративних систем і зарегульовані шлюзами-регуляторами. Річки Дніпро, Десна і Сейм (нижня течія) характеризуються інтенсивними русловими процесами, які супроводжуються руйнуванням форми руслового й берегового рельєфу, що згубно впливають на стан господарських об'єктів і захисних споруд [19].

За інформацією Деснянського басейнового управління водних ресурсів, Чернігівщина знаходиться на сьомому місці в Україні за кількістю меліорованих земель. В області побудовано 304 меліоративні системи (303 осушувальні та

1 зрошувальна). Найбільшими є системи «Остер», «Доч-Гали», «Смолянка», «Убідь», «Ромен». Усього меліорованих земель – 300,3 тис. га, з них зрошених – 0,5 тис. га, осушених – 299,8 тис. га [20].

Більшість меліоративних систем Чернігівської області збудовано у 60-х роках минулого століття. Проте нині меліоративні системи практично не затребувані, а для підтримки їх у належному стані потрібні значні кошти.

Остерська осушувальна система знаходиться в Чернігівській області, збудована для осушення земель у заплаві р. Остер. Будувалась у три черги протягом 1928-1955 рр. Площа осушених земель – 32,6 тис. га. На річці Остер функціонують водорегулюючі гідротехнічні споруди збудовані як у складі гідротехнічних систем, так і для реалізації протиерозійних заходів.

Руйнування гідротехнічних споруд може призвести до обміління, активізації ерозійних процесів, погіршення санітарно-епідемічного стану в населених пунктах та басейні річки, відсутності зон відпочинку місцевого населення. Стан території прибережних захисних смуг річки та водойм в більшості випадків визначений як незадовільний та такий, що потребує покращення [4].

З метою поліпшення стану р. Остер та усунення негативних наслідків антропогенного впливу на її стан необхідно досягти екологічної рівноваги, при якій річка могла б самоочищатися, самовідновлюватися і саморегулюватися. Для цього необхідно насамперед оптимізувати водоохоронні зони, потрібно розробити план поетапного проведення меліоративних робіт із розчищення замулених витоків річки, покращити системи контролю за якістю очищених стічних вод шляхом впровадження автоматизованої системи контролю забруднень.

Осушувальна меліоративна система «Бреч» знаходяться в адміністративних межах Корюківського та Сновського районів Чернігівської області (осушувальна площа складає 1,42 тис. га). Протяжність відкритої мережі становить 47,11 км, а площа меліорованих земель – 1,88 тис. га.. Будівництво об'єктів інженерної інфраструктури меліоративної системи на території Корюківського району розпочато у 1972 році, у Сновському районі – у 1983 році, а вже в 1974 році введено в експлуатацію у Корюківському районі та 1985 році у Сновському.

Починаючи з 1963 року в Менському районі Чернігівської області збудовано та введено в експлуатацію 17 осушувальних меліоративних систем («Чамарово», «Максаки», «Домна» та ін.). У ході виконання робіт з гідротехнічної меліорації земель здійснювався комплекс заходів, спрямованих на забезпечення поліпшення як правило перезволожених земель з несприятливим водним режимом, шляхом будівництва спеціальних гідротехнічних споруд для регулювання водного режиму, поліпшення водного і повітряного режиму ґрунтів та захисту їх від шкідливої дії води – затоплення чи підтоплення [21].

На осушених площах внаслідок незадовільного стану внутрішньогосподарської мережі спостерігається розвиток негативних процесів вторинного заболочування, закислення та залуження ґрунтів. Унаслідок незадовільного технічного стану внутрішньогосподарської меліоративної мережі та

гідротехнічних споруд ускладнюється скид води з осушених сільськогосподарських угідь і прилеглих до них територій, збільшуються терміни пропуску повеней та паводків, не забезпечується належне регулювання рівнів ґрунтових вод на осушених землях.

З метою прогнозування змін якісного стану водних об'єктів проводяться спостереження за основними кількісними та якісними фізико-хімічними і хімічними показниками стану річок, водосховищ, каналів і водойм у межах водогосподарських систем міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання.

Результати щорічних моніторингових досліджень якості вод на території області свідчать, що практично в усіх водних об'єктах існує перевищення норм гранично-допустимих концентрацій окремих показників (заліза загального, фосфат-іонів, марганцю, БСК5 та іноді амоній-іонів і нітрит-іонів). У ґрунтових водах району відмічається переважання гідрокарбонат-іона в аніонному складі і магнію та кальцію – серед катіонів.

Сучасний стан внутрішньогосподарської меліоративної мережі зумовлений: незадовільним рівнем експлуатації внутрішньогосподарської мережі та систем; недостатнім обсягом виконання ремонтно-доглядових робіт та робіт із капітального і поточного ремонту.

Протягом 1976–1995 рр. в басейні річки Удай збудована Удайська осушувальна система, для осушення заболочених ділянок, регулювання поверхневого стоку в господарських цілях. Ця система складається з мережі меліоративних каналів та водосховищ (загальна площа осушення 47,4 тис. га). Перші роботи з осушення окремих ділянок заплави Удаю і його приток проводилися ще в 1910–1911 рр., однак у результаті відсутності відрегульованого водоприймача осушувальна мережа незабаром замулилася, заросла болотною рослинністю і вийшла з ладу. Більш масштабні роботи з гідромеліорації земель в басейні ріки Удай були здійснені на початку 60-х років ХХ ст.

Осушувальна меліоративна система Турчанка розташована в межах Корюківського та Сновського районів Чернігівської області. Площа системи складає 1,73 тис. га, загальна протяжність цієї міжгосподарської меліоративної мережі становить близько 58 км. Річка Турчанка є магістральним каналом однойменної меліоративної системи та водоприймачем осушувальної системи Турчанка. Регулювання стоку здійснюється 21 гідротехнічною спорудою.

На території Варвинського району функціонує 1 зрошувальна меліоративна система, у складі якої побудоване 1 водосховище, 15,8 км закритої зрошувальної мережі та насосна станція. Технологічна цілісність інженерної інфраструктури зрошувальної системи забезпечується її власником – ТОВ «Журавка» [22].

Протягом багатьох років об'єкти інженерної інфраструктури меліоративних систем залишаються без належного догляду. Експлуатаційні, ремонтно-доглядові роботи на цих об'єктах не здійснюються. Поверхневі відкриті канали переважно не відповідають проектним величинам, замулені, зарослі чагарником, гідротехнічні споруди не виконують функцію зарегулювання води в повному обсязі та потребують проведення капітального ремонту та реконструкції [23].

На значній кількості систем, де рівні ґрунтових вод залягають на неприпустимих глибинах, спостерігаються процеси вторинного заболочування. Ці землі вимагають реконструкції дренажної мережі. На переважній їх більшості, через неспроможність відкритої мережі забезпечити оптимальні строки відведення надлишкових вод, до того ж необхідно очистити від трави і мулу відкриті мережу каналів.

Незначний похил русел річок та повільний стік води сприяє формуванню перезвожених земель та заболоченню. Повільний стік вод утруднює скид вод із меліоративних систем під час весняної повені та зимового і літнього паводків.

Одним із факторів, які спричиняють забруднення Дніпра, є сільсько-господарська діяльність людей, зокрема, меліорація. Зрошення в комплексі із застосуванням пестицидів, добрив спричиняє забруднення полів, а це своєю чергою сприяє забрудненню річки.

Під час проведення зрошення спостерігаються найбільші безповоротні втрати води. Можливості використання водних ресурсів для зрошення вже практично вичерпані. Безповоротні втрати поверхневого стоку при існуючій зрошувальній площі в маловодні роки перевищують природний стік річок. Факторами, які супроводжуються впливом зрошувальних меліорацій на природні компоненти річкового басейну, є також: якість поливної води і її сумісність із ґрунтами; фільтраційні втрати у водоймах, каналах при поливах; якість дренажно-скидних вод у водоприймачі, підтоплення території [24].

Найбільшими системами, які забезпечують двостороннє регулювання водного режиму на меліоративних землях в Київській області є Ірпінська (8,2 тис. га) та Трубізька (37,6 тис. га). З проведенням широкомасштабних меліоративних робіт малі річки зазнали сильного швидкоплинного впливу, що зумовило реконструкцію сталої природної системи.

Київське і Канівське водосховища та річка Десна є джерелами територіального перерозподілу стоку в області, подача води з яких здійснюється для меліоративних цілей, відповідно на Димерську, Тарасовську та Білогородську зрошувальні системи та в річку Трубіж.

Раніше Полісся характеризувалось низинним рельєфом, великою кількістю боліт, заболочених та перезвожених земель, густою мережею повноводних річок, густою лісистістю території та дрібною структурністю сільськогосподарських угідь. Висока самоочисна здатність і велика біологічна продуктивність поліських річок забезпечувалися сприятливим гідрологічним режимом.

Поволі текучі поліські річки з широкими луговими чи заболоченими долинами вміщали величезні маси вод, рівень яких підтримувався, з одного боку, розташованими в басейні болотами, з іншого – структурою самих річок, коли звичайними були повноводні плеса (глибини 3-4 м і більше), в яких затримували воду нешвидкі перепади.

Таким чином, річки та інші водойми Полісся зазнали сильного, швидкого за часом, інколи катастрофічного для значної маси гідробіонтів впливу, пов'язаного з меліорацією всього регіону. Різко знизилася самоочисна здатність річок, екологічна ситуація на Поліссі різко погіршилася, що проявляється в таких факторах: корінна перебудова гідрологічного режиму річок; зменшення водності

річок, їх обміління; посилення ерозійних процесів; загальне зниження рівня ґрунтових вод, висихання долин і заплав, припинення їх ролі як перехоплювачів пестицидів, органіки, забруднень та іншого матеріалу; втрата болотами і заболоченими лісовими масивами акумулятивних і водорегулюючих властивостей; різке погіршення якості вод [25].

Зниження рівня води по всій території меліорованої річки, призводить до висихання раніше повноводних криниць. Також шкоди сприятливому режимові річок завдає розорювання заплав, що призводить до різкого погіршення якості вод. Більшість їх забруднено, подекуди вони вже непридатні для пиття, а в інших – потребують термічної обробки перед вживанням. Основна причина зниження якості річкових вод полягає в різкому погіршенні їх самоочисної здатності. Порушилися фізико-хімічні та біологічні механізми процесів самоочищення. У першому випадку це спричинилося збільшенням кількості речовин, що звичайно осаджувалися при самоочищенні. Унаслідок меліоративних робіт їх вміст дуже різко зріс.

Меліоративні процеси на Поліссі призвели до значних змін водних, земельних та рослинних ресурсів, порушення створеної в процесі еволюції екологічної рівноваги в природі. Фактори, що сприяли інтенсивним самоочисним процесам, які були характерними для Полісся, або ліквідовані, або їх значення нівельоване новими процесами, що посилюють забруднення вод.

Інтенсивна меліорація з глибоким дренажем, спрямленням річкових русел призвела до швидкого осушення заплавних лук, боліт і негативно вплинула на навколишні угіддя. Відбулося різке порушення природних шляхів розвитку заплави – її антропогенне руйнування, висихання заплавних водойм, різко понизився рівень ґрунтових вод.

Зміни виявилися згубними як для екосистеми в цілому, так і для її складових, у тому числі й риби та всіх видів тварин водно-болотного мисливського комплексу.

Антропогенний вплив меліорації на природні комплекси може призводити до наступних змін: режиму рівня ґрунтових вод на гідромеліоративних системах і прилеглих територіях; режимів стоку води на водотоках і у водоприймачах при їх регулюванні; водного, сольового, окисно-відновного й поживного режимів ґрунтів; природної родючості ґрунтів, забруднення вод і ґрунтів добривами і пестицидами; зміни і часткової ліквідації природних ландшафтів; видового і кількісного складу флори та фауни, характерних для природних екосистем [24].

Відсутність ефективної системи управління призвело до унеможливлення отримання повноцінної, уніфікованої інформації про меліоративні системи в державі. Чітко не визначено, на балансі яких установ перебувають такі системи, чи оформлені на них правовстановлюючі документи. Відсутня повноцінна, уніфікована інформація щодо кількості загальнодержавних, міжгосподарських та внутрішньогосподарських меліоративних систем.

За результатами опрацювання аналізів хімічного складу вод визначено, що річки Полісся мають значне антропогенне навантаження у вигляді хімічного, мікробіологічного, біологічного та теплового забруднення, про що свідчать результати хімічних аналізів. Річки Чернігівської області зазнають значного антропогенного впливу в межах населених пунктів, поза межами населених пунктів стан річок дещо покращується внаслідок природних процесів самоочищення.

Основними видами антропогенного навантаження на стан річок виступають: навантаження, пов'язані із забрудненням водних об'єктів відходами; кількісні антропогенні навантаження; гідроморфологічні зміни; антропогенні навантаження, які безпосередньо впливають на живі водні організми.

У процесі наукової роботи сформовано основні фактори антропогенного впливу на стан річок: виснажлива сільськогосподарська діяльність; висока освоєність земель у басейнах річок; кліматичні зміни; меліорація земель; зменшення залісненості; неузгодженість у сфері законодавства з питань водокористування; відсутність правових, інституційних та методологічних підходів щодо оцінки дифузного забруднення поверхневих і підземних водних об'єктів та його контролю; зростання селітебності; неочищені скиди; забруднення прибережних смуг побутовими відходами; відсутність екологічної культури господарювання; відсутність рівного доступу до води.

2.3. Раціональне водокористування та водоспоживання у процесі інтенсифікації сільськогосподарської діяльності

У зв'язку зі спадом виробництва та кризою у меліоративному господарстві відбір води з поверхневих джерел за останнє десятиріччя зменшився більш як удвічі. За цей період різко зменшились (на 84 %) об'єми використання води на зрошення [26].

Водночас обсяги сільськогосподарської діяльності зростають. Тільки до Дніпра, води якого використовують як джерело питної води, із сільськогосподарських угідь та його приток надходить понад 19 тис. т азоту, 630 т фосфору, 118 т пестицидів [27, с. 16], що значно погіршує якість питної води.

У зв'язку з тим, що в сільській місцевості часто централізоване водопостачання та водовідведення відсутнє, то населення користується колодязями. При цьому інформація про якість води у них відсутня. Населення споживає воду з перевищенням допустимих рівнів вмісту азоту, фосфору, калію та натрію. Вміст нітратів у воді іноді перевищує гранично допустиму концентрацію в кілька разів.

Одним з основних факторів, що зумовлюють проблему дефіциту та ризику виснаження водних ресурсів, є нераціональне використання води в окремих її секторах, зокрема для України – в агропромисловому комплексі. Використання інтенсивних та екстенсивних методів виробництва сільськогосподарської продукції без урахування їхнього впливу на еко- та гідросферу призводить до забруднення поверхневих, ґрунтових вод та деградації водних екосистем у результаті використання отрутохімікатів, пестицидів, генетично модифікованої продукції, знеліснення територій, зведення лісосмуг, порушення водного режиму при осушенні або зрошенні, розорювання цілинних, прибережних територій тощо [28].

Агропромисловий комплекс є найбільшим водокористувачем в Україні. Так, для виробництва сільськогосподарської продукції у 2019 році було витрачено 4,4 куб. км води (близько 42 % всієї прісної води, вилученої із прісних водних об'єктів України). У 2018 році було вилучено ще більше – 4,7 куб. км [29].

Перетворення України із промислово-аграрної держави в аграрну, збільшення обсягів продукції рослинництва зумовлює використання антропогенних ресурсів у вигляді добрив, пестицидів, виділення нітратів, які можуть забруднити поверхневі, підземні води, що використовуються людиною для пиття та технічних цілей.

Суттєво збільшує антропогенне навантаження на гідросферу застосування мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин з метою підвищення врожайності сільськогосподарських (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Динаміка внесених мінеральних та органічних добрив в Україні в 1990-2021 рр.

| Показник | Одиниця виміру | 1990 | 2010 | 2019 | 2020 | 2021 | Відносне відх. (у %) 2021 до | |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------|-------|
| | | | | | | | 1990 | 2010 |
| Площа с.-г. угідь | млн га | 42,0 | 41,6 | 41,5 | 41,5 | 41,5 | 98,8 | 99,7 |
| у т.ч. площа с.-г. угідь у с.-г. підприємствах | млн га | 38,7 | 20,9 | 20,7 | 20,6 | 20,6 | 53,2 | 98,6 |
| Внесення азотних добрив | 1000 т N | 1857,3 | 776,6 | 1601,7 | 1916,7 | 1970,0 | 106,1 | 253,9 |
| Внесення азотних добрив на одиницю площі с.-г. угідь | кг N на 1 га | 48,0 | 37,2 | 77,4 | 93,0 | 95,6 | 199,1 | 257 |
| Внесення фосфорних добрив | 1000 т P ₂ O ₅ | 1318,9 | 158,2 | 400,7 | 483,2 | 501,9 | 38,1 | 317,3 |
| Внесення фосфорних добрив на одиницю площі с.-г. угідь | кг P ₂ O ₅ на 1 га | 34,1 | 7,6 | 19,4 | 23,5 | 24,4 | 71,6 | 321 |
| Внесення калійних добрив | 1000 т K ₂ O | 1238,0 | 129,4 | 335,9 | 379,8 | 404,7 | 32,7 | 313,7 |
| Внесення калійних добрив на одиницю площі с.-г. угідь | кг K ₂ O на 1 га | 32,0 | 6,2 | 16,2 | 18,4 | 19,6 | 61,2 | 316 |
| Загальний обсяг внесених мінеральних добрив | 1000 т N, P ₂ O ₅ і K ₂ O | 4414,2 | 1064,2 | 2338,3 | 2779,7 | 2876,6 | 65,2 | 270 |
| Обсяг внесених мінеральних добрив на одиницю площі с.-г. угідь | кг N, P ₂ O ₅ і K ₂ O на 1 га | 114,1 | 51,0 | 113,0 | 134,9 | 139,6 | 122,3 | 273,7 |
| Площі, оброблені мінеральними добривами | млн га | 26,4 | 12,7 | 16,4 | 16,4 | 16,8 | 63,6 | 132,3 |

Джерело: [30].

Статистичні дані підтверджують факт зміни структури внесених добрив при веденні сільськогосподарської діяльності протягом останніх десятиліть. Загальний обсяг внесених мінеральних добрив з 2010 до 2021 року зріс на 270 %, тоді як починаючи з 1990 року він зменшився і становить лише 65,2 % від обсягу внесених добрив у 1990 році (за рахунок того, що у 2021 площа сільськогосподарських угідь у сільськогосподарських підприємствах становить лише 53,2 % аналогічної площі 1990 року).

Найбільших змін зазнала динаміка внесення азотних добрив, які є найбільш небезпечними забруднювачами водних ресурсів. Збільшення обсягів внесення азотних добрив при сільськогосподарській діяльності в Україні за 2010-2021 рр. становить 253,9 %, а за 1990-2021 рр. – 106,1 %. Це при тому, що площі, оброблені мінеральними добривами, у 2010 році становили лише 63,6 % обсягу обробленим мінеральними добривами площ у 1990 році. Загалом обсяг внесених мінеральних добрив на одиницю площі угідь сільськогосподарської продукції у 2021 зріс у порівнянні з 1990 роком на 122,3 %, а у порівнянні з 2010 роком – на 273,7 %.

Фосфорні й калійні добрива є менш небезпечними як забруднювачі навколишнього середовища порівняно з азотними, адже у них менший рівень рухомості, вони потрапляють до підґрунтових вод меншою мірою, ніж азотні. Однак сполуки фосфору та калію втрачаються із ґрунту з твердим стоком і можуть також забруднювати водойми. Внесення фосфорних та калійних добрив також суттєво зросло за останні десять років. У 2021 році фосфорних добрив вносилося більше на одиницю площі сільськогосподарських угідь у порівнянні з 2010 роком на 321 %, а калійних – на 316 %.

Застосування добрив та агрохімікатів при веденні сільськогосподарської продукції стрімко зростає і перевищує здатність сільськогосподарських культур до їх засвоєння. У результаті мінеральні добрива у модифікованому вигляді виносяться в водні об'єкти з поверхневими та ґрунтовими стічними водами. Так, тільки із сільськогосподарських угідь тільки до Дніпра та його приток надходить понад 19 тис. т азоту, 630 т фосфору, 118 т пестицидів [27, с. 16].

Саме з розвитком сільського господарства пов'язані зростання дефіциту водних ресурсів на великих територіях нашої країни, зменшення видового розмаїття рослинного та тваринного світу, заболочування та виснаження ґрунтів, накопичення у ґрунті та воді низки особливо стійких та небезпечних забруднювачів природного середовища. У смартспеціалізації Україні відведена роль країни з виробництва соняшника, що потребує постійного внесення мінеральних добрив, що збільшує забруднення водних ресурсів [31].

Великі обсяги гною, сечовини утворюються внаслідок діяльності тваринницьких комплексів, ферм, птахофабрик, які разом зі стічними водами, можуть опинитися в водних об'єктах, призвести до забруднення підземних вод. До того ж інтенсифікація вирощування продукції тваринництва призводить до збільшення обсягів забруднення водних ресурсів патогенними організмами, антибіотиками, вакцинами, активаторами росту та гормонами, які можуть потрапляти в гідросферу. Бактерії, що живуть у підстилках для птахів, ветеринарні антибіотики, антипаразитарні ліки та гормони також при цьому мають ймовірність потрапити у стічні води.

Зі збільшенням обсягів сільськогосподарського виробництва видозмінюється і сільськогосподарська інфраструктура, будівництво якої є втручанням в наявну екосистему територій. Змінюються під'їзні дороги, шляхи, маршрути, способи доставки продукції, здійснюється будівництво гребель для доступу до водних ресурсів, інфраструктурні об'єкти вироблення вітряної та сонячної енергії для розробки ресурсів підземних вод.

Останні роки у сільськогосподарських підприємствах склалися вкрай незадовільні умови зберігання засобів захисту рослин. Реорганізація великих сільськогосподарських підприємств, зміна форм власності, відсутність державної підтримки фермерства в Україні зумовило руйнування складської бази та погіршення зберігання засобів хімізації. Засоби хімізації подекуди зберігаються у зонах населених пунктів, водоохоронних зонах, територіях затоплення. Утилізація пестицидів без належного контролю з боку держави також посилює антропогенне навантаження на всю екосистему та на гідросферу зокрема.

Застосуванням отрутохімікатів для боротьби зі шкідниками призводить до отруєння не тільки шкідників, а й корисних комах, птахів, тварин, пригнічують фотосинтез рослин, порушуючи всю екосистему загалом, негативно впливаючи на здоров'я населення України як індивідуальне, так і популяційне [32; 33; 34].

Добрива, що вносяться в ґрунт (близько 60 %), вимиваються з неї і надходять у водоймища – річки, водосховища, збагачуючи водойм азотом і фосфором не тільки сільськогосподарські культури, а і стимулюють нарощування маси мікроскопічних водоростей, відмирання та розкладанням якої зумовлює погіршення якості води.

Зазначені чинники погіршення стану гідросфери в результаті діяльності агросектору можливо суттєво нівелювати з використанням: органічного виробництва; крапельного зрошення, яке може зменшити використання води на 80 % у порівнянні зі звичайним; для поливу зібраної дощової води у побудовані власні водойми; сільськогосподарських культур, що відповідають клімату; системи мульчування для збереження вологи у ґрунті тощо [35]. Так, органічне землеробство позитивно впливає на стан здоров'я місцевого населення, сприяє відновленню родючості ґрунтів за рахунок сівозміни, використання органічних добрив, у результаті чого ґрунт не вилугується, зменшується концентрація нітритів і нітратів у воді, відбувається утримання вологи у ґрунті (рис. 2.2).

Органічне виробництво передбачає заборону на застосування методів генної інженерії, агрохімікатів, пестицидів, антибіотиків, стимуляторів росту та відгодівлі тварин, гормональних препаратів, трансплантації ембріонів, клонування та генетично модифікованих і трансгенних організмів. Водночас застосовуються для боротьби зі шкідниками, хворобами рослин та тварин засоби біологічного походження та природні вороги шкідників рослин.

Для впровадження у практику України раціонального водокористування та водоспоживання також необхідно: поєднувати рослинництво з тваринництвом, що нівелює проблему відходів, сприяє рециркуляції органічних речовин за рахунок використання гною для компостування або безпосередньо як добрива, а рослинних залишків та побічних продуктів – як корми для худоби; використовувати оборотну систему водопостачання, за якої використана вода після очищення не скидається в довкілля, а використовується багаторазово; сприяти збереженню різноманітності місцевого насіння для рослинництва та місцевих порід у тваринництві; обмежити застосування засобів захисту рослин у санітарних зонах джерел водопостачання; контролювати витрати пестицидів, частоту та терміни їх внесення.



Рис. 2.2. Антропотехногенний вплив інтенсифікації сільськогосподарської діяльності на водні ресурси та напрями його мінімізації

Джерело: складено авторами.

У науковій літературі науковцями правильно наголошується на необхідності реального функціонування водоохоронних зон вздовж рік водних об'єктів, скорочення втрат води при транспортуванні до водоспоживачів, необхідності створення штучних запасів підземних вод за рахунок фільтраційних втрат біля наливних водосховищ та магістральних каналів, що має підвищити загалом продуктивність водозаборів в десятки разів [36].

Запровадження раціонального водоспоживання та водокористування в довгостроковому плані, покращення якості навколишнього середовища можливе шляхом екологізації потреб з метою усунення деформованої системи цінностей. Темпи, структура й культура споживання мають формуватися відповідно до екологічних обмежень, зменшення навантаження на екосистему, збалансованого споживання, знаходження балансу між економічним добробутом нинішнього покоління та наявністю якісних водних ресурсів для майбутніх поколінь [37].

З позитивного зарубіжного досвіду можна запропонувати такі заходи зменшення негативного антропогенного впливу на воду у результаті ведення сільського господарства: систематичне оцінювання рівня азоту в ґрунті; використання сівозмін (пшениця, озимий пивоварний ячмінь, жито, ярий ячмінь, овес, льон, картопля тощо); вирощування озимих культур, що зменшує ризик потрапляння нітратів у підземні води; перетворення ріллі на луки (найбільш дієвий спосіб зменшення хімічного забруднення водних ресурсів) [38].

Список використаних джерел до розділу 2

1. Яцик А. В., Пашенюк І. А., Гопчак І. В., Басюк Т. О. Оцінка екологічного стану поверхневих вод малих річок басейну р. Західний Буг за рівнем забрудненості (на прикладі р. Гапа). *Вісник аграрної науки*. 2020. № 1 (802). С. 75-80.
2. Звіт з оцінки впливу на довкілля будівництва малої гідроелектростанції потужністю до 2,0 МВт на річці Стрий біля села Довге, Дрогобицького району, Львівської області: реєстраційний номер 20181252331. Золочів, 2019. 35 с.
3. Лозовіцький П. С. Екологічний стан та екологічне оцінювання води Остра за трофо-сапробіологічними показниками та специфічними речовинами токсичної дії. *Часопис картографії*. 2016. № 14. С. 246-276.
4. Дослідження антропогенного впливу на гідрологічний та екологічний режим р. Остер Чернігівської області: звіт про науково-дослідну роботу / Ж. В. Дерій, Н. Т. Шадура-Никипорець, С. Д. Цибуля, О. Ю. Купчик. Чернігів, 2017. 255 с. URL: <http://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/23607>.
5. Деснянське басейнове управління водних ресурсів: [офіційний сайт]. URL: <https://desna-buvr.gov.ua/diyalnist/upravlinnya-vodnymy-resursamy/monitoring-poverhnevyyh-vod/>.
6. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>.
7. ГОСТ 17.1.5.05-81 Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Москва: Гостстандарт, 1981. 8 с.
8. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. Москва: Гостстандарт, 1985. 12 с.

9. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм (№ 12-04-11 від 09.08.1990). Київ : Мінрибгосп СРСР, 1990. 45 с.

10. Сніжко С. І., Орлов О. О., Закревський Д. В., Костриця М. Ю., Олійник Ю. С. Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області. Житомир, 2002. С. 250-259.

11. Департамент екології та природних ресурсів [офіційний сайт]. URL: <http://eco.cg.gov.ua/index.php?id=21320&tp=1>.

12. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ, 2001. 264 с.

13. Меліорація / Вільна енциклопедія «Вікіпедія». URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Меліорація>.

14. Потреба зрошення в Україні: інвестиції, протидія наслідкам посухи, фінансова складова. URL: <https://agropolit.com/spetsproekty/849-potreba-zroshennya-v-ukrayini-investitsiyi-protidiya-naslidkam-posuhi-finansova-skladova>.

15. Меліорація земель та її екологічні наслідки. URL: http://www.childflora.org.ua/?page_id=159.

16. Екологічні проблеми українського Полісся. URL: https://allref.com.ua/uk/skachaty/Ekologichni_problemi_ukrayins-kogo_Polissya.

17. Напівпустеля замість степу. Вбита меліорація змінила вигляд України (ІНФОГРАФІКА). URL: <https://www.dsnews.ua/ukr/economics/polupustynya-vmesto-stepi-ubitaya-melioratsiya-izmenila-oblik-01042019110000>.

18. Сучасний стан і перспективи ефективного використання земельних ресурсів Полісся : збірник статей Науково-практичної конференції, м. Житомир, 19 травня 2018 року. Житомир : Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон», 2018. 159 с.

19. Екологічний паспорт Чернігівської області, Чернігівська обласна державна адміністрація департамент екології та природних ресурсів. URL: https://eco.cg.gov.ua/web_docs/2145/2016/03/docs/Паспорт.pdf.

20. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області у 2018 році. URL: [https://eco.cg.gov.ua/web_docs/2145/2016/03/docs/Доповідь%202018%20нова%20структура%20\(остаточний\).pdf](https://eco.cg.gov.ua/web_docs/2145/2016/03/docs/Доповідь%202018%20нова%20структура%20(остаточний).pdf).

21. Цільова програма розвитку водного господарства Менського району Чернігівської області на період до 2021 року. URL: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fr-ZGKBx0HEJ:mena-rada.gov.ua/doc/Rushenna/18_sesia/21._Programa_voda.doc+&cd=22&hl=ru&ct=cInk&gl=ua.

22. Звіт про виконання НІД в Чернігівській області. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Zvit/02052018/Zvit%20про%20виконання%20НІД%20в%20Чернігівській%20області.pdf>.

23. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2020 рік. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15801&tp=1&pg=>.

24. Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2016 році. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Reg.report/ДОПОВІДЬ%20Київська%202016.pdf>.

25. Климчик О. М. Основні екологічні аспекти проведення меліоративних робіт. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування* : науково-технічний журнал. 2011. № 2 (4). С. 21- 30.
26. Закорчевна Н. Б. Національна політика управління водними ресурсами України. URL: <http://gntb.gov.ua/files/conf08/zak.pdf>.
27. Авраменко Н. Л., Сагайдак І. С., Чорна Т. М. Економіка водокористування: стан, проблеми, перспективи: монографія. Київ : ТОВ «7БЦ», 2018. 138 с.
28. Кичко І. І., Маргасова В. Г., Холодницька А. В. Антропотехногенні чинники впливу на безпеку водокористування в контексті урбаністичних процесів: причини, наслідки та методи протидії. *Економічний простір*. 2022. № 179. С. 100-107. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/179-15>.
29. Сучасне водокористування України. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/suchasne-vodokoristuvannya-ukraini>.
30. Державна служба статистики України: вебсайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>.
31. Левковська Л. В., Мандзик В. М. Формування моделі інтегрованого управління водними ресурсами в контексті забезпечення сталого водокористування. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 2. С. 46-53. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2018_2_9.
32. Загальна теорія здоров'я та здоров'язбереження : колективна монографія / за заг. ред. проф. Ю. Д. Бойчука. Харків : Вид. Рожко С. Г., 2017. 488 с.
33. Кичко І. І. Макроекономічний механізм фінансування охорони здоров'я. *Фінанси України*. 2003. № 4. С. 71–77.
34. Кичко І. І., Холодницька А. В. Раціональне водокористування в контексті забезпечення населення якісною питною водою, збереження здоров'я та тривалості життя. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2021. № 2 (26). С. 7-17.
35. Приклади ощадливого використання води в сільському господарстві. URL: <http://epl.org.ua/human-posts/prykladlyvogo-vykorystannya-vody-v-sil'skomu-gospodarstvi/>.
36. Сидорчук Б. Особливості водокористування в аграрній галузі: проблеми та перспективи. URL: <http://www.agroelita.info/osoblyvosti-vodokorystuvannya-v-ahramnij-haluzi-problemy-i-perspektyvy/>.
37. Кичко І. І. Соціально-економічні детермінанти особистих потреб. Чернігів: Чернігівський державний технологічний університет, 2013. 333 с.
38. Поль О. Нітрати, пакт з фермерами та вода, яку ми не бачимо. URL: ecoclubrivne.org/nitraty/.

РОЗДІЛ 3

АВТОМАТИЗОВАНІ СТАНЦІЇ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Питання в галузі водного господарства на території України регулюються Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» та Водним кодексом України.

З метою забезпечення збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюється державний моніторинг вод.

Державний моніторинг вод є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України і здійснюється в порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України [1].

Залежно від цілей та завдань державного моніторингу вод встановлюються такі процедури:

- процедура діагностичного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура операційного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод;
- процедура моніторингу морських вод.

Результатами здійснення державного моніторингу вод є:

- первинна інформація (дані спостережень), яка надається суб'єктами державного моніторингу вод;
- узагальнені дані, що стосуються певного проміжку часу або певної території;
- оцінка екологічного та хімічного стану масивів поверхневих вод, екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод, кількісного та хімічного стану масивів підземних вод, екологічного стану морських вод та визначення джерел негативного впливу на них;
- прогнози стану вод і його змін;
- науково обґрунтовані рекомендації, необхідні для прийняття управлінських рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Згідно з аналізом результатів державного моніторингу вод їхня ефективність безпосередньо залежить від якісної системи станцій спостережень, що забезпечує аналітичні служби вихідною інформацією. Від точності та повноти експериментальних даних буде залежати результативність прийнятих рішень.

Прогнозування стану вод та його зміни здійснюється шляхом моделювання кількісних і якісних показників вод з метою розроблення рекомендацій щодо здійснення заходів для запобігання можливим негативним змінам та покращення наявного стану вод.

Відповідно до Програми державного моніторингу вод діагностичний моніторинг здійснюється за наступними показниками і періодичністю: біологічні (1 раз на рік), фізико-хімічні (12 разів на рік), хімічні (пріоритетні) (12 разів на рік), хімічні (басейнові специфічні) (12 разів на рік), гідроморфологічні (1 раз на 6 років) [2].

До найголовніших документів у сфері водних ресурсів відноситься також Директива ЄС щодо моніторингу та менеджменту водних ресурсів [3], яка передбачає досягнення та дотримання статусу високої якості всіх водних об'єктів Європи шляхом впровадження басейнового менеджменту. Практично всі країни ЄС інтенсивно працюють у цьому напрямку щодо визначення пріоритетів, завершення реєстру водних об'єктів, які потребують підсиленої охорони в кожному річковому басейні. Такий моніторинг повинен забезпечувати контроль за низкою показників якості води, включаючи біологічні, хімічні (органічні та неорганічні забруднювальні речовини), гідро морфологічні та фізико-хімічні параметри.

Ця директива передбачає три типи моніторингу, який повинен забезпечити менеджмент водних ресурсів:

- спостережний моніторинг, спрямований на оцінку довгострокових змін якості води та формування бази даних щодо річкових басейнів;
- оперативний моніторинг, спрямований на отримання основних та додаткових даних про водні об'єкти, визначені в Директиві як такі, що знаходяться в незадовільному стані або містять антропогенно порушені екосистемами;
- аналітичний моніторинг, спрямований на оцінку причин негативних змін в річкових басейнах.

У дослідженні [4] було аналізовано застосування 3D кадастру як інструмент контролю якості управлінських рішень. Також було запропоновано отримання тривимірної інформації про водні об'єкти за допомогою автоматизованого ехолокаційного знімального комплексу, який надає можливість отримувати результати у режимі реального часу та всебічно охарактеризувати водойму.

У роботі [5] було запропоновано алгоритм багаторівневого моніторингу для гідроекосистеми відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС. До того ж було виділено, що найважливішим етапом моніторингу є раціональне визначення характеру режимів досліджуваних процесів в умовах складних функціональних систем та багатofакторних впливів.

Крім того, в Україні з 2019 р. запроваджено європейські підходи щодо здійснення моніторингу вод, за допомогою яких можливо надати реальну оцінку стану водних ресурсів та використати ці дані для ухвалення ефективних рішень. Крім того, населення отримало ширший доступу до інформації про стан водних об'єктів.

Єдину систему моніторингу формують три рівні:

- 1) засоби оперативного автоматичного контролю забруднення вод;
- 2) пересувні і стаціонарні гідрохімічні лабораторії;
- 3) центр опрацювання інформації, отриманої від автоматичних станцій, пересувних і стаціонарних лабораторій.

Засоби оперативного автоматичного контролювання забруднення вод поділяють на дві групи:

- автоматичні станції контролю якості води ;
- аналізатори.

На основі аналіз сучасного стану законодавчої бази, наукових та практичних результатів можна стверджувати, що розвиток системи гідромоніторингу поряд з оптимізацією системи і програм спостережень, удосконаленням методів та засобів вимірювання, методів опрацювання результатів вимірювань та прогнозування, неможливий без широкого впровадження автономних автоматизованих станцій моніторингу, які забезпечують автоматизовані, дистанційні методи збору, обробки та передачі інформації про параметри та стан водних об'єктів; накопичення, систематизацію та зберігання результатів вимірювання з використання цифрових баз даних; візуалізацію результатів із використанням сучасних інформаційних технологій.

Зазначені тренди неможливо реалізувати без надійного безперервного функціонування станцій моніторингу, що забезпечує безпосередній збір первинної інформації. Надійну та безперебійну роботу станції моніторингу можна забезпечити тільки при наявності ефективної системи енергозабезпечення. Враховуючи сучасні виклики, які постали перед стаціонарною електроенергетичною системою внаслідок російської агресії, наукове обґрунтування структури системи енергозабезпечення на основі комбінації відновлювальних джерел енергії, підвищення її енергоефективності є актуальним завданням на найближчі роки.

3.1. Структурні схеми сучасних станцій автоматизованого моніторингу

На сьогодні як в Україні, так і у світі функціонують автономні станції автоматизованого моніторингу стану повітря, ґрунтів, водних об'єктів. Перелік контрольованих параметрів, їх інтервали вимірювань різняться залежно від задач, для вирішення яких вони створені. Часто в межах однієї станції спостерігається об'єднання різних видів вимірювання, у результаті отримуємо автоматизовані станції гідрометеорологічних та екологічних спостережень (АГМЕС). Наявні приклади інтегрування таких станцій в існуючі системи спостережень, застосування у вигляді окремих вимірювальних установок, створення на їх основі повністю автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем.

Стрімкий розвиток технологій окреслив тенденцію до автоматизації багатьох сфер життєдіяльності людини. Останнім часом спостерігається стійка тенденція до впровадження автоматизованих станцій гідрологічного, метеорологічного, радіологічного, екологічного моніторингу в усьому світі [6-16]. Розвиток автоматизованих станцій моніторингу відбувається по двох напрямках: стаціонарні системи дистанційного моніторингу [6; 8; 10] і рухомі (мобільні) [7; 9; 11].

Для віддаленого збору окремих проб якості води використовують човни з дистанційним керуванням (рис. 3.1) [17]. Кожне місце відбору проб має географічну прив'язку, а активація та контроль об'єму проби активується дистанційно.



Рис. 3.1. Система моніторингу Xylem

Також застосовуються лімнологічні буї як стаціонарні, так і мобільні, які були побудовані та розгорнуті в досліджуваних озерах під час проекту PITAGORA (рис. 3.2) [18].



а

б

Рис. 3.2. Лімнологічні буї: а – стаціонарний буй; б – мобільний буй

Ці буї збирають високочастотні дані основних лімнологічних параметрів, таких як температура води, рН, електропровідність і розчинений кисень. Високочастотні (ВЧ) дані майже в режимі реального часу об'єднують традиційний моніторинг, надаючи інформацію про процеси, що відбуваються в коротких масштабах часу.

В Україні загальнодержавна система спостереження і контролю (ЗДССК) вод реалізована на базі центральних і регіональних підрозділів Держгідрометслужби, Державної служби надзвичайних ситуацій, Державного агентства водних ресурсів, Міністерства охорони здоров'я, Міністерства охорони навколишнього середовища. Моніторинг здійснюється на мережі відповідних пунктів спостережень [19; 20].

Пункти моніторингу організуються в:

- районах розташування населених пунктів і промислових підприємств, стічні води яких скидаються у водні об'єкти;
- місцях скидів сільськогосподарських стічних вод;
- місцях нересту і зимівлі цінних видів риби;

- замикальних створах річок, які мають велике господарське значення і впадають у моря і внутрішні водойми;
- транскордонних ділянках річок;
- у гирлах забруднених приток головної річки в межах важливих для народного господарства річкових систем, озер, водосховищ.

Усі станції і пости поділяються на види і розряди, для кожного розряду існують основна і додаткова програми спостережень (табл. 3.1) [21; 22].

Таблиця 3.1 – Види і строки спостережень на гідрологічних постах

| № | Вид спостережень | Строки спостережень | Розряд | | |
|-----------------------------------|--|---------------------------------------|--------|----|-----|
| | | | I | II | III |
| 1. | Гідрологічні спостереження: | Щодня о 8.00 і 20.00; | | | |
| | а) за висотою рівня води | у паводки і водопілля частіше | + | + | + |
| | б) за температурою води | Щодня о 8.00 і 20.00, коли нема льоду | + | + | + |
| | в) за товщиною льоду, шуги, висотою снігу на льоду | 10, 20 числа, в кінці місяця; частіше | + | + | + |
| | г) за вітром та хвилюванням | Щодня о 8.00 і 20.00, коли нема льоду | + | + | + |
| | д) за явищами льодового режиму | Щодня о 8.00 і 20.00 | + | + | + |
| | є) за розвитком водної рослинності | 10, 20 числа, в кінці місяця; | + | + | + |
| ж) за висотою рівня підземних вод | За вказівкою гідростанції | + | + | + | |
| 2. | Вимірювання витрат води і наносів, відбір проб води на мутність, хімічний аналіз, відбір проб донних відкладів | Згідно з планом гідростанції | + | – | – |
| 3. | Спостереження за уклоном водної поверхні | За вказівкою гідростанції | + | – | – |
| 4. | Складання і передача телеграм про гідрологічний режим та опади | За вказівкою Гідрометцентру | + | + | + |
| 5. | Метеорологічні спостереження: | | | | |
| | а) за опадами | Щодня о 8.00 та 20.00 | + | + | – |
| | б) за атмосферними явищами | Протягом доби | + | + | – |
| | в) за сніговим покривом: - на постійних ділянках - при снігомірних зйомках | о 8.00 Згідно з планом станції | + | + | – |
| | г) за метеорологічною видимістю, хмарністю, вітром (візуально) | За вказівкою Гідрометцентру | + | + | – |
| | д) повідомлення про опади та небезпечні метеоявища у світлий період доби | За вказівкою Гідрометцентру | + | + | – |
| 6. | Гідрологічні і геодезичні роботи | Згідно з планом гідростанції | + | + | + |
| 7. | Обробка даних спостережень | Регулярно | + | + | + |

Джерело: складено авторами.

Крім традиційних станцій спостереження, протягом останніх років споруджено низку автоматизованих станцій моніторингу на річках Дністровського басейну. Дані станції контролюють рівень гірських річок в онлайн-режимі, що дозволяє запобігати надзвичайним ситуаціям на ранній стадії та вживати невідкладних дій щодо мінімізації збитків та швидкої ліквідації їхніх наслідків.

За безпосередньої участі науковців НУ «Чернігівська політехніка» автономна автоматизована станція гідрометеорологічного моніторингу була встановлена на березі річки Дніпро, поблизу населеного пункту Любеч (рис. 3.3) [23].



Рис. 3.3. Станція автоматизованого моніторингу «Theorems Dnipro»

Станція укомплектована сучасним вимірювальним обладнанням всесвітньо-відомих виробників OTT, Lufft, Nasc тощо. Станція має автономну систему енергозабезпечення на основі фотоелектричної панелі та акумуляторів; забезпечує проведення вимірювань відповідно до попередньо розробленого розкладу, що відображає вимоги діючих нормативних документів, та/або по віддаленому запиту. Зв'язок станції з сервером забезпечується за допомогою GSM. На сервері інформація опрацьовується, систематизується та зберігається. Основні результати вимірювань відображаються в онлайн режимі на інформаційній сторінці <https://theorems-dnipro.stu.cn.ua/data/> (рис. 3.4).

Карта | Останні виміри | Вимірювання по днях | Графіки вимірювань

Гідрологія, метеорологія — р. Дніпро, Любеч, Україна

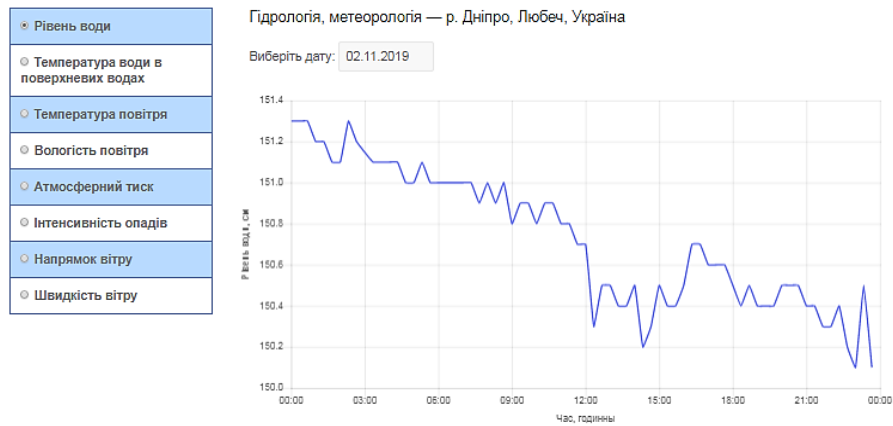
Останні виміри:

| Параметри | Значення | Дата вимірювання |
|--|----------------------|---------------------|
| Температура повітря, °C | 11 | 2019-11-10 12:47:05 |
| Вологість повітря, % | 97.4 | 2019-11-10 12:45:06 |
| Атмосферний тиск, гПа | 1004 | 2019-11-10 12:45:08 |
| Напрямок вітру, ° | Південний (199.9 °↓) | 2019-11-10 12:40:00 |
| Швидкість вітру, м/с | 5 | 2019-11-10 12:40:00 |
| Інтенсивність опадів, мм/ч | 0 | 2019-11-10 12:47:56 |
| Рівень води, см | 149.4 | 2019-11-10 12:40:01 |
| Температура води в поверхневих водах, °C | 8.4 | 2019-11-10 12:30:10 |

Карта | Останні виміри | Вимірювання по днях | Графіки вимірювань

Гідрологія, метеорологія — р. Дніпро, Любеч, Україна

Графіки вимірювань:



Карта | Останні виміри | Вимірювання по днях | Графіки вимірювань

Гідрологія, метеорологія — р. Дніпро, Любеч, Україна

Вимірювання по днях:

Виберіть дату:

Метеорологічні параметри

| 2019-11-02 | 00:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 | 12:00 | 15:00 | 18:00 | 21:00 |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Температура повітря, °C | 2.21 | 2.04 | -0.25 | 1.32 | 5.98 | 7.4 | 7.14 | 7.78 |
| Вологість повітря, % | 87.82 | 83.92 | 87.62 | 81.08 | 55.19 | 52.38 | 55.24 | 56.02 |
| Атмосферний тиск, гПа | 1008.33 | 1007.92 | 1007.35 | 1006.65 | 1005.22 | 1002.59 | 1000.88 | 998.93 |
| Напрямок вітру, ° | Південно-західний (245 °↙) | Південно-західний (242.76 °↙) | Південно-західний (238.77 °↙) | Південно-західний (229.32 °↙) | Південно-західний (226.68 °↙) | Південно-західний (212.17 °↙) | Південний (202.86 °↓) | Південно-західний (207.41 °↙) |
| Швидкість вітру, м/с | 2.32 | 2.45 | 2.91 | 3.42 | 6.39 | 7.18 | 6.53 | 7.47 |
| Інтенсивність опадів, мм/ч | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Гідрологічні та екологічні параметри:

| 2019-11-02 | 08:00 | 20:00 |
|--|--------|--------|
| Рівень води, см | 150.97 | 150.45 |
| Температура води в поверхневих водах, °C | 5.48 | 5.55 |

Рис. 3.4. Візуалізація результатів вимірювання автоматизованої станції моніторингу «Theorems Dnipro»

Джерело: складено авторами.

За типом електроживлення АГМЕС можна поділити на три категорії:

1. *Станції з мережевим живленням.* Мережеве живлення зазвичай використовується для стаціонарних пристроїв, що споживають значну потужність. Такі станції рідко переносяться з місця на місце й повністю залежать від стану електромережі (рис. 3.5). З іншого боку, подібні структури, переважно при нормальній ситуації, не мають обмежень щодо необхідної потужності, частота оновлення вимірних даних буде обмежуватись швидкодією датчиків, так само відсутні обмеження щодо кількості датчиків та їх взаємного віддаленого розміщення в межах однієї станції.

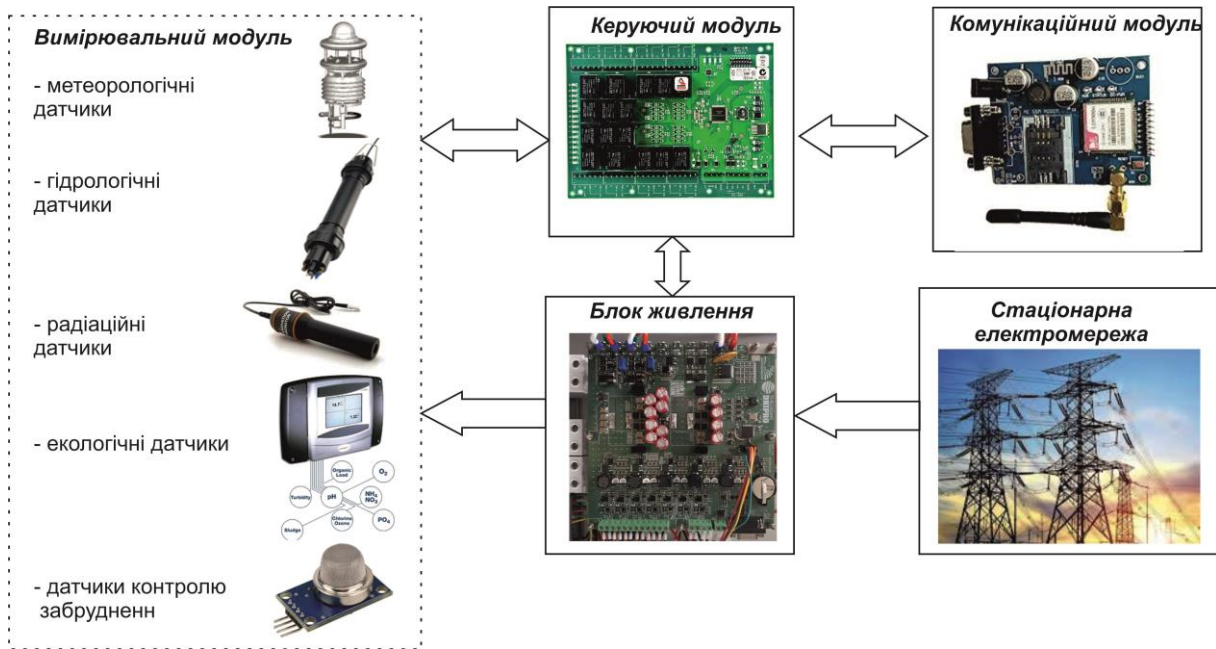


Рис. 3.5. Структурна схема АГМЕС з мережевим живленням

2. *Станція з автономним живленням.* Станції з автономним живленням зазвичай живляться від акумуляторних батарей. Також автономними джерелами живлення можуть виступати так звані альтернативні відновлювальні джерела енергії: вітрогенератори, сонячні батареї, мінігідроелектростанції та багато інших джерел енергії (рис. 3.6). У цій структурі функціонування обладнання станції не залежить від стану стаціонарної енергосистеми, зокрема її нестійкої роботи або обмеження потужності при сильних зовнішніх збуреннях природного, техногенного або військового походження. З іншого боку, потужність, споживана елементами станції, повністю залежить від природних факторів: швидкості вітру, інтенсивності сонячного випромінювання тощо та ємності акумуляторної батареї. Отже, для забезпечення надійної безперебійної роботи в подібних структурах необхідно обмежувати кількість вимірювальних датчиків та/або зменшувати кількість вимірювань та/або використовувати завищенні параметри первинних перетворювачів енергії та акумуляторної батареї. Водночас використання структур з автономним живленням закладає можливості виконання таких станцій мобільними – забезпечувати моніторинг визначених параметрів на певній території, вздовж визначеної траєкторії, що в певних ситуаціях дозволяє визначити реальну швидкість зміни контрольованого параметра та запобігти можливим наслідкам завчасно. Останнім часом дедалі більш популярним стало

використання декількох різних типів відновлювальних джерел, наприклад сонячні панелі та вітрогенератор, разом для більшої енергонезалежності та зменшення залежності від затяжних періодів несприятливих погодних умов: тривалі серії похмурих днів, що характерні пізній осені в Україні та/або безвітряні серії, коли декілька днів поспіль швидкість вітру не перевищує 5 м/с.

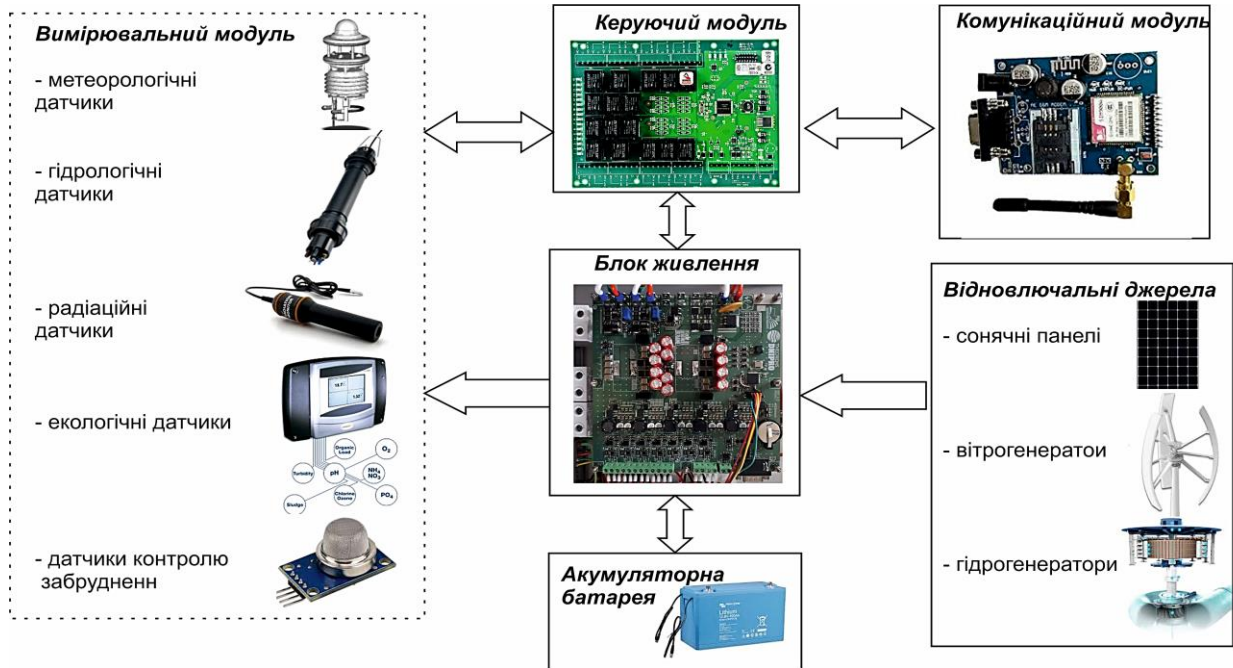


Рис. 3.6. Структурна схема АГМЕС з автономним живленням

3. Станції з комбінованим живленням. Комбіноване живлення є найбільш зручним у використанні. Воно передбачає можливість живлення як від батарей, так і від стаціонарної електричної мережі змінного струму (рис. 3.7).

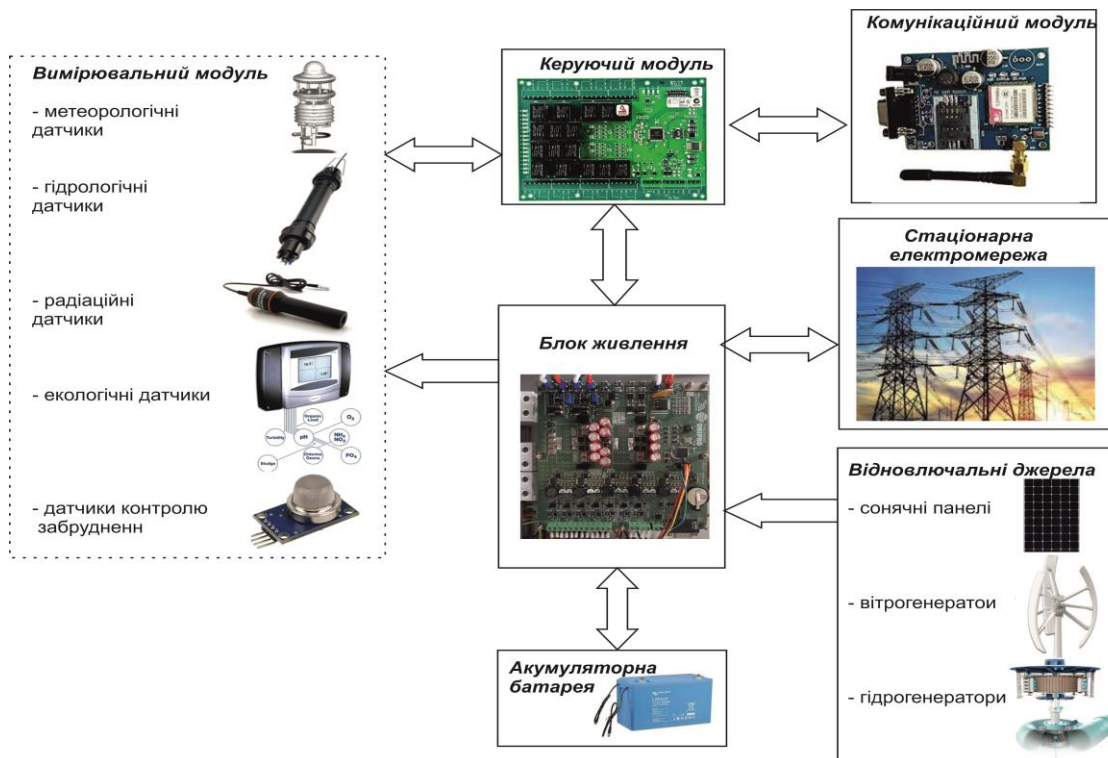


Рис. 3.7. Структурна схема АГМЕС з комбінованим живленням

Для збільшення надійності та енергонезалежності станції з комбінованим живленням можуть доповнюватись відновлювальними джерелами, які будуть віддавати енергію в енергосистему при нормальному режимі її роботи та забезпечувати енергозабезпечення станції при аварійних режимах в енергосистемі. Крім того, за потреби, коли енергосистема має суттєві пошкодження, що ми наочно спостерігаємо в теперішній час активної фази російської військової агресії, енергія з таких станцій може бути спрямована для забезпечення електроживлення критично важливих об'єктів поза межами АГМЕС.

3.2. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії для живлення автономних станцій моніторингу

Надійність та ефективність автоматичних автоматизованих станцій моніторингу залежить від здатності системи енергозабезпечення здійснювати необхідне електропостачання всіх елементів станції протягом року, незалежно від часу доби, зовнішніх умов та стану стаціонарної електроенергетичної системи. Розвиток технологій виробництва первинних перетворювачів відновлювальної енергетики дозволяє вже сьогодні отримувати мобільні рішення для автономного/комбінованого енергозабезпечення автоматизованих станцій моніторингу.

До основних переваг використання систем енергозабезпечення станцій моніторингу на основі відновлювальних джерел можна віднести:

1. *Незалежність від інфраструктури та стану стаціонарної електроенергетичної системи.* В умовах військової агресії, умисного руйнування об'єктів критичної інфраструктури та значного дефіциту активної потужності, це стає особливо актуальним. Крім того, збільшення кількості розосереджених відновлювальних джерел підвищує енергетичну незалежність країни та її здатність забезпечувати електропостачання критично важливих об'єктів.

2. *Мобільність рішень.* Компактні сонячні панелі та вітрогенератори можуть бути розміщені як на невеликих площах та мінімальних опорних конструкціях у межах об'єкта спостереження, так і на мобільних автоматизованих засобах: гідрологічних, повітряних і наземних дронах, що дозволить здійснювати моніторинг параметрів об'єктів навіть у важкодоступних місцях, в умовах радіаційного та хімічного забруднення території.

3. *Економія вичерпних енергоресурсів.* В умовах російської військової агресії це питання стало ще гостріше, оскільки значні запаси викопних вуглеводневих ресурсів, які зосереджені на території Росії, стають недоступними, а власні запаси є обмеженими. Отже, економія вуглеводневих, заміна їх на інші види палива, або альтернативні джерела енергії є актуальним завданням для багатьох країн світу.

4. *Відсутність необхідності тримати великі запаси палива для безперебійної роботи інших автономних джерел* (бензинових, газових, дизельних генераторів). Крім економії коштів на закупку палива, використання відновлювальних джерел також потребує менших площ для розміщення обладнання та є вибухо- та пожегобезпечним.

5. *Низькі рівні шуму під час роботи* в порівнянні з інших автономними джерелами, що створює більш сприятливі умови для перебування в безпосередній близькості до станцій різних біологічних видів: людей, тварин, птахів, риб, рептилій.

6. *Відсутність шкідливих викидів* в процесі функціонування робить сонячні, вітрові та гідрологічні перетворювачі енергії екологічними в порівнянні з аналогами та мінімізує їхній вплив на навколишнє природне середовище.

7. *Використання сучасних засобів накопичення електроенергії*, які завдяки інноваційним технологіям дозволяють накопичувати значні запаси електричної енергії при компактних розмірах, разом з фотоелектричними перетворювачами та вітрогенераторами дозволяє використовувати весь потенціал певної території як по сонячній інсоляції, так і енергії вітру, заряджати акумуляторні батареї до рівнів енергії, якої буде достатньо для повноцінної роботи станції без підзарядки. Це дозволяє компенсувати недолік відновлювальних джерел, пов'язаний із неможливістю генерації електроенергії при певних погодних умовах: штиль для вітрогенераторів та темний період доби для фотоелектричних перетворювачів.

Водночас є певна кількість недоліків, пов'язаних із використанням відновлюваних джерел, які потрібно брати до уваги. Серед них варто відзначити:

1. Висока залежність генерованої електричної потужності від погодних умов та пори року, що потребує інтелектуальних систем управління, здатних автоматично підлаштовувати параметри блоку живлення для отримання максимально можливої потужності за певних умов. У деяких випадках для забезпечення більшої потужності можуть використовуватись механічні трекерні системи, які змінюють орієнтацію первинного перетворювача енергії відносно землі та сторін горизонту. Проте трекерні системи через наявність кінематичних частин зменшують надійність системи енергозабезпечення та потребують додаткової енергії для функціонування, тому перед їх застосуванням потрібно провести детальний аналіз щодо доцільності їх використання.

2. При проєктуванні систем енергозабезпечення на основі відновлювальних джерел потрібно передбачати заходи та засоби забезпечення стійкості конструкцій до зовнішніх збурень, очищення робочих частин від бруду та пилу.

3. Вплив первинних перетворювачів енергії на роботу вимірювального обладнання станцій моніторингу.

4. Температурний режим. Для підвищення ефективності та довговічності роботи елементів системи енергозабезпечення автономних станцій моніторингу варто забезпечувати контроль температури, щоб не допускати перегріву елементів, зниження температури в акумуляторному відсіку нижче 0; обледеніння лопатей вітрогенератора та сонячних панелей тощо.

Таким чином, перш ніж проєктувати систему енергозабезпечення автономної станції моніторингу для обраного місця її потенційного розміщення, потрібно провести аналіз доцільності використання того чи іншого відновлювального джерела енергії.

Найбільш поширеним первинним джерелом енергії для автоматизованих станцій моніторингу, як показує аналіз наукових публікацій, є фотоелектричні перетворювачі. Однак, як відомо, фотоелектричні перетворювачі дозволяють

забезпечити енергією станцію лише за наявності достатньої кількості сонячної інсоляції (інтенсивності сонячного випромінювання, не можуть генерувати енергію вночі, тому потребують доповнення акумуляторними батареями, які працюють у постійному режимі). Фотоелектричний модуль (сонячна панель) розміщується на щоглі, даху, інших елементах конструкції АГМЕС, а акумуляторні батареї в середині монтажної шафи управління або всередині стаціонарного приміщення.

Таким чином, первинним вихідним параметром для розрахунку кількості електроенергії є значення сонячної інсоляції в місці встановлення станції моніторингу. Причому бажано використовувати значення інтенсивності сонячного випромінювання з поправкою на погодні умови в конкретній місцевості. Такі дані можна легко отримати. У відкритих джерелах публікуються відповідні карти та/або таблиці сонячної активності по всьому світу. Наприклад, на рис. 3.8 наведена карта сонячної активності для України, що взята з джерела [24]. Також наявна узагальнена інформація сонячної інсоляції для деяких міст України за кожний місяць протягом декількох останніх років.

Для більш точної оцінки значення сонячної активності для будь-якої точки земної поверхні розрахунку можна використати статистичні дані, які збираються NASA, в тому числі і про сонячну інсоляцію за кожний день починаючи з 1984 р. по теперішній час [25]. Дані наведені для горизонтальної поверхні з урахуванням реальних погодних умов та отримані за допомогою штучних супутників Землі.

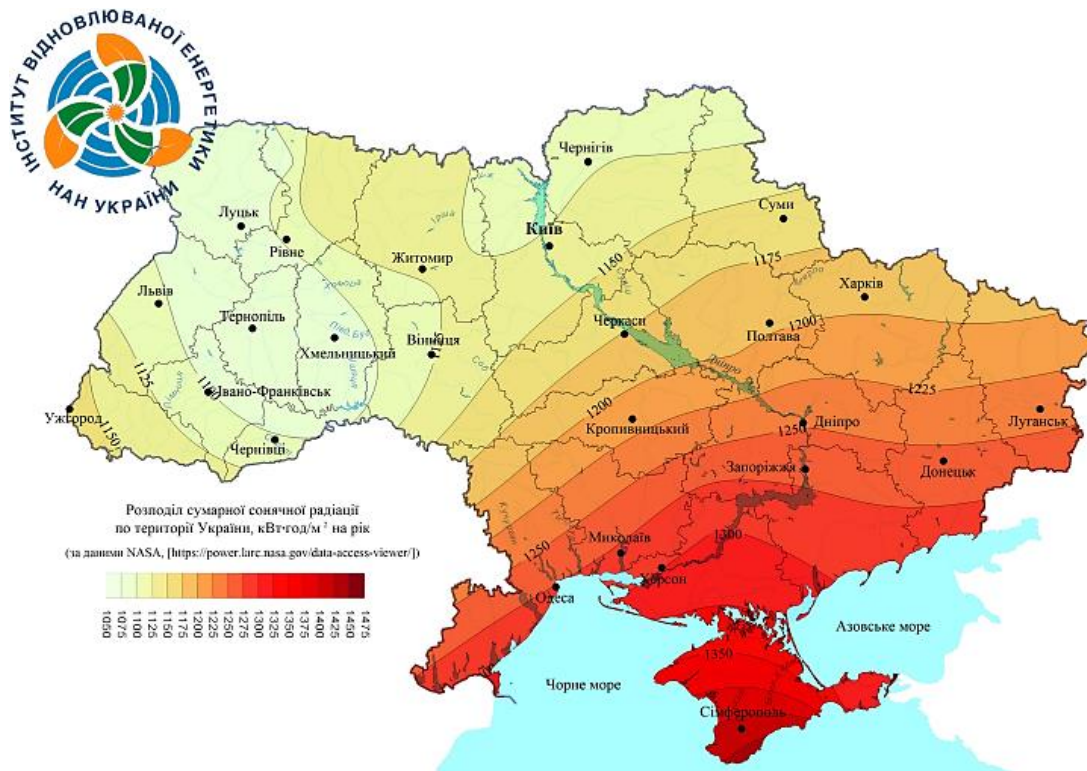


Рис. 3.8. Рівень сонячного опромінення для України

В умовах реальних АГМЕС сонячні панелі рідко розташовуються горизонтально, оскільки ефективність їх використання з погляду максимальної сонячної енергії зменшується. Для тих випадків, коли сонячна панель

розміщується під кутом до горизонту, енергію сонячного випромінювання, що буде потрапляти на поверхню фотоелектричного перетворювача, можна розрахувати за формулою:

$$E_m = \frac{E_h \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha}, \quad (3.1)$$

де E_m – енергія променів сонця перпендикулярних до поверхні сонячної панелі, встановленої під кутом до горизонтальної площини;

E_h – енергія променів сонця, що виміряна на горизонтальній поверхні;

α – кут падіння сонячних променів на горизонтальну площину;

β – кут установки сонячної панелі відносно горизонтальної площини (рис. 3.9).

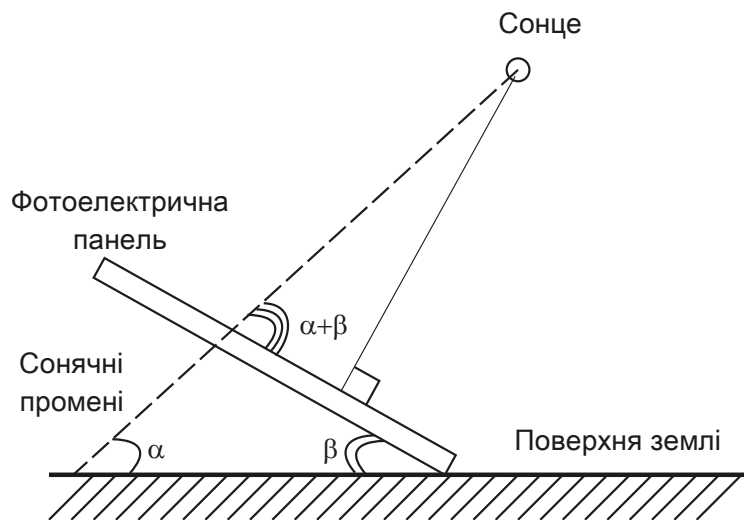


Рис. 3.9. Розміщення сонячної панелі

Джерело: складено авторами.

Кут падіння сонячних променів на горизонтальну площину α для кожної окремої точки земної кулі буде змінюватись протягом року. Його можна розрахувати за відомими формулами [26] або скористатися відкритими інформаційними технологіями, задавшись координатами місцевості, датою та часом [27].

Оскільки максимальна кількість енергії від Сонця надходить тоді, коли воно найвище над горизонтом, то можна розрахунок виконувати для полудня, тобто для часу максимальної висоти Сонця над горизонтом у конкретній місцевості. Більш точний розрахунок можна отримати, взявши середньозважене значення кута за день, при якому надходить на поверхню максимальна кількість енергії. Але для цього необхідно мати дані не про середнє значення сонячної інсоляції за день, а за меншу одиницю часу, наприклад, за одну годину та й ще з урахуванням погодних умов. Таких відкритих даних для будь-якої точки земної поверхні на сьогодні не має, отже, для попередньої оцінки будемо використовувати описаний вище механізм.

Дослідження [28] показали, що для збільшення вихідної потужності оптимальним методом управління кутом нахилу фотоелектричних панелей є його сезонна зміна. При моделюванні використовувалися дані про геометричне розташування панелей і було показано, що застосування цього методу збільшує вихідну потужність у середньому влітку на 35 %, а взимку – на 10 % в порівнянні

з фіксованими панелями. Для станцій моніторингу основним завданням є не отримання максимальної кількості енергії за певний період, а важливо забезпечити необхідну кількість енергії для виконання збору сонячної радіації від сходу до заходу сонця. Оскільки залежно від місця розташування станції ці значення будуть сильно різнитись, то варто проводити розрахунок у прив'язці до географічних координат. Так, схід сонця в Чернігові відбувається не раніше 3:36 у червні та не пізніше 8:00 у грудні; захід сонця – о 15:45 у грудні та о 20:16 у червні [29]. Тому при розрахунках можна вважати, що світловий день починається о 04:00 і закінчується о 20:00.

Згідно з дослідженням [30], оптимальний кут нахилу сонячної панелі можна розрахувати за такою формулою:

$$\beta_{opt} = a + b \cdot m + c \cdot m^2, \quad (3.2)$$

де m – інтервал дослідження; a , b та c – коефіцієнти полінома.

Для станцій моніторингу, розміщених в Чернігівській області, практичний інтерес становить інтервал грудень – січень, для якого $m = 2$. Коефіцієнти поліномів для Чернігова взимку $a = 4,4$; $b = 3,93$; $c = -0,0988$. Розраховано, що оптимальний кут нахилу сонячної панелі для цієї широти становить $67,9^\circ$.

Щоб перевірити справедливості теоретичних оцінок, у пакеті MathLab було проведено моделювання кількості енергії, отриманої з сонячної панелі для Чернігівської області при розміщенні АГМЕС за координатами $51^\circ 42' 32.2'' N$, $30^\circ 37' 14.2'' E$. Скрипт моделі MathLab представлено в додатку А.

Визначивши з [25] середні рівні інтенсивності сонячного випромінювання для кожного дня 2020 року та відповідний кут падіння сонячних променів на горизонтальну площину α за виразом (3.1) проведено перерахунок енергії сонця для кожного дня, використавши масив значень E_h та α .

$$Es_i = \frac{E_{hi} \sin(\alpha_i + \beta)}{\sin \alpha_i}, \quad (3.3)$$

де Es_i – енергія променів сонця перпендикулярних до поверхні панелі у i -й день;
 E_{hi} – енергія променів сонця, що виміряна на горизонтальній поверхні у i -й день;

α_i – кут падіння сонячних променів на горизонтальну площину у i -й день.

Як уже зазначалось, у відкритому доступі є дані усередненні за добу щодо рівнів сонячної інсоляції для будь-якої точки земної поверхні. Тому результати розрахунку за рік будуть містити методичну похибку та включати 365 або 366 значень. Методична похибка розрахунку річної інсоляції за такого підходу буде не більше як 0,3 % [23]. При розрахунку кількості енергії виробленої фотоелектричними панелями за місяць будемо мати меншу кількість значень (від 28 до 31) та відповідно трохи більшу похибку.

Оскільки, на жаль, не вся енергія сонячного випромінювання, що потрапляє на поверхню фотоелектричного перетворювача, перетворюється в електричну енергію, то для оцінки кількості енергії, яку можна використати для електроживлення обладнання АГМЕС, необхідно враховувати реальні параметри сонячної панелі, а саме її площу S та коефіцієнт корисної дії η .

$$W_i^S = \frac{SEs_i \eta}{100}, \quad (3.4)$$

де W_i^S – енергія, що отримується з панелі за i -й день, кВт · год/день;
 S – загальна площа поверхні панелей фотоелектричного перетворювача, м²;
 Es_i – енергія сонця на поверхні панелей у i -й день, кВт · год/м²/день;
 η – ефективність фотоелектричного перетворювача, %.

Для визначення кількості енергії за певний інтервал (місяць, рік) потрібно просумувати щоденну кількість енергії із сонячної панелі.

$$W^S = \sum_{i=1}^N W_i^S, \quad (3.5)$$

де W_i^S – енергія, що отримується з панелі за i -й день, кВт·год/день;
 i – номер дня;
 N – кількість днів.

Результати моделювання для сонячної панелі LP-270P з коефіцієнтом корисної дії $\eta = 0,163$ та корисною площею фотоелектричних перетворювачів $S = 1,627$ м² представлені на рис. 3.10-3.11 [31].

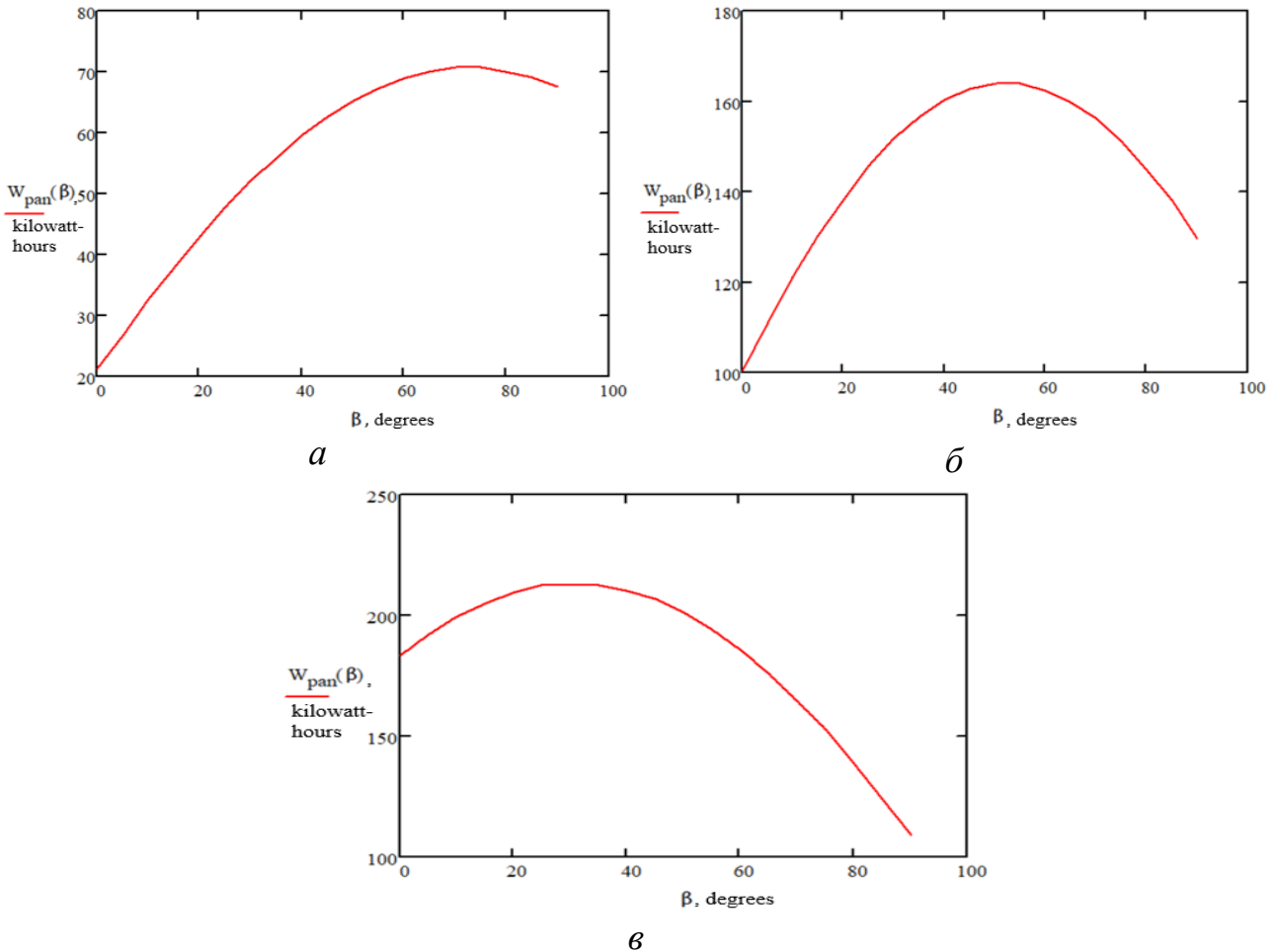


Рис. 3.10. Залежність кількості електричної енергії, виробленої сонячною панеллю, залежно від кута розміщення канелі над горизонтом у січні (а), березні (б), липні (в) 2020 року

Джерело: складено авторами.

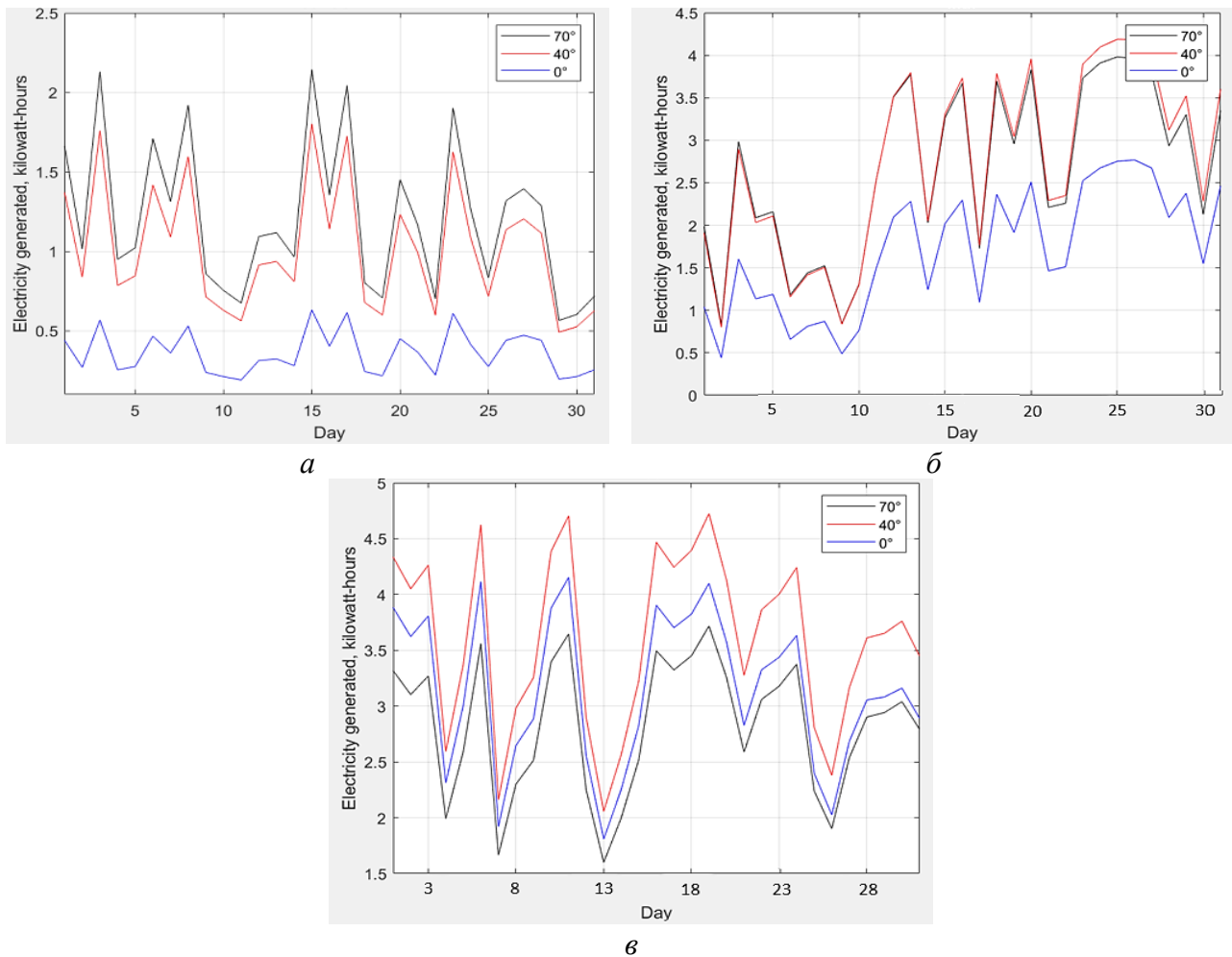


Рис. 3.11. Залежність кількості електричної енергії, виробленої сонячною панеллю, за окремий день у січні (а), березні (б), липні (в) 2020 року для різного кута розміщення каналі над горизонтом

Джерело: складено авторами.

З графіків 3.10, 3.11 видно, що взимку оптимальний кут нахилу панелі близький до 70° , а влітку – до 40° . Отже, вихідна потужність нестабільна, що впливає на систему електроживлення автономних систем, які повинні компенсувати недостатню енергію в певні періоди року за допомогою акумуляторних батарей.

Таким чином, на основі аналізу результатів моделювання можна зробити такі висновки:

1. При використанні сонячних панелей як єдиного джерела енергії автономної АГМЕС, кут нахилу панелі до горизонту має відповідати оптимальному куту для періоду з найнижчою сонячною інтенсивністю (для Чернігівської області це 70° , що відповідає зимовим місяцям).

2. При використанні сонячних панелей у складі комбінованого джерела енергії АГМЕС, кут нахилу панелі до горизонту має відповідати оптимальному куту, для якого річна кількість виробленої енергії буде максимальною (для Чернігівської області це близько 40°) (рис. 3.12).

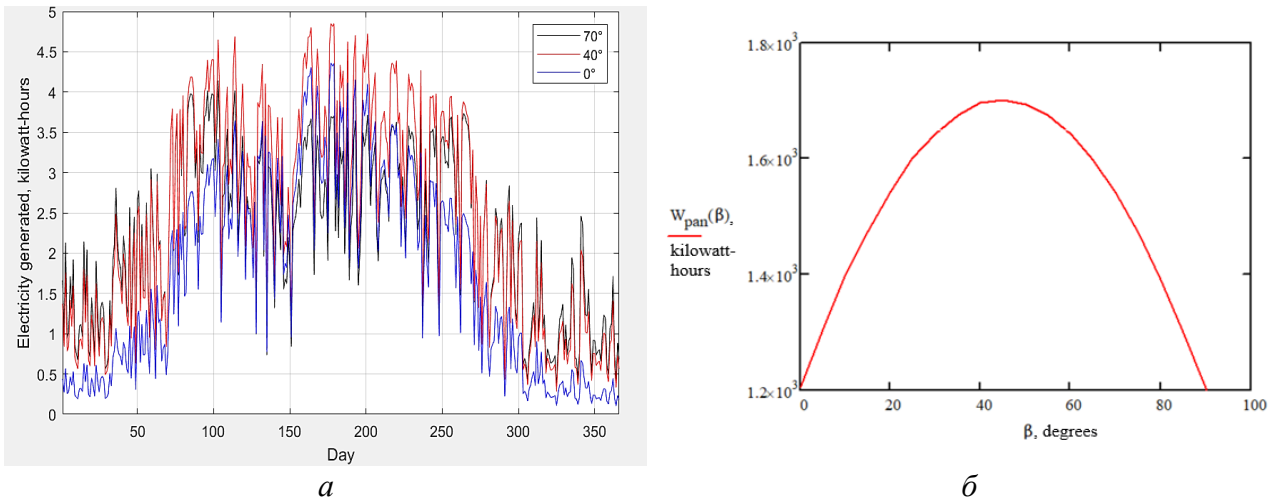


Рис. 3.12. Залежність кількості електричної енергії, виробленої сонячною панеллю, за окремий день протягом 2020 року (а) та сумарної річної кількості енергії (б) від різного кута розміщення панелі над горизонтом
Джерело: складено авторами.

Вітровий потенціал щодо можливості вироблення електричної енергії також сильно залежить від географічного розташування місцевості, в якій планується використовувати вітрогенератори.

Аналогічно до енергії сонця отримано узагальнені карти середньорічних швидкостей вітру для певних районів, які розміщені у відкритому доступі [24] (рис. 3.13).

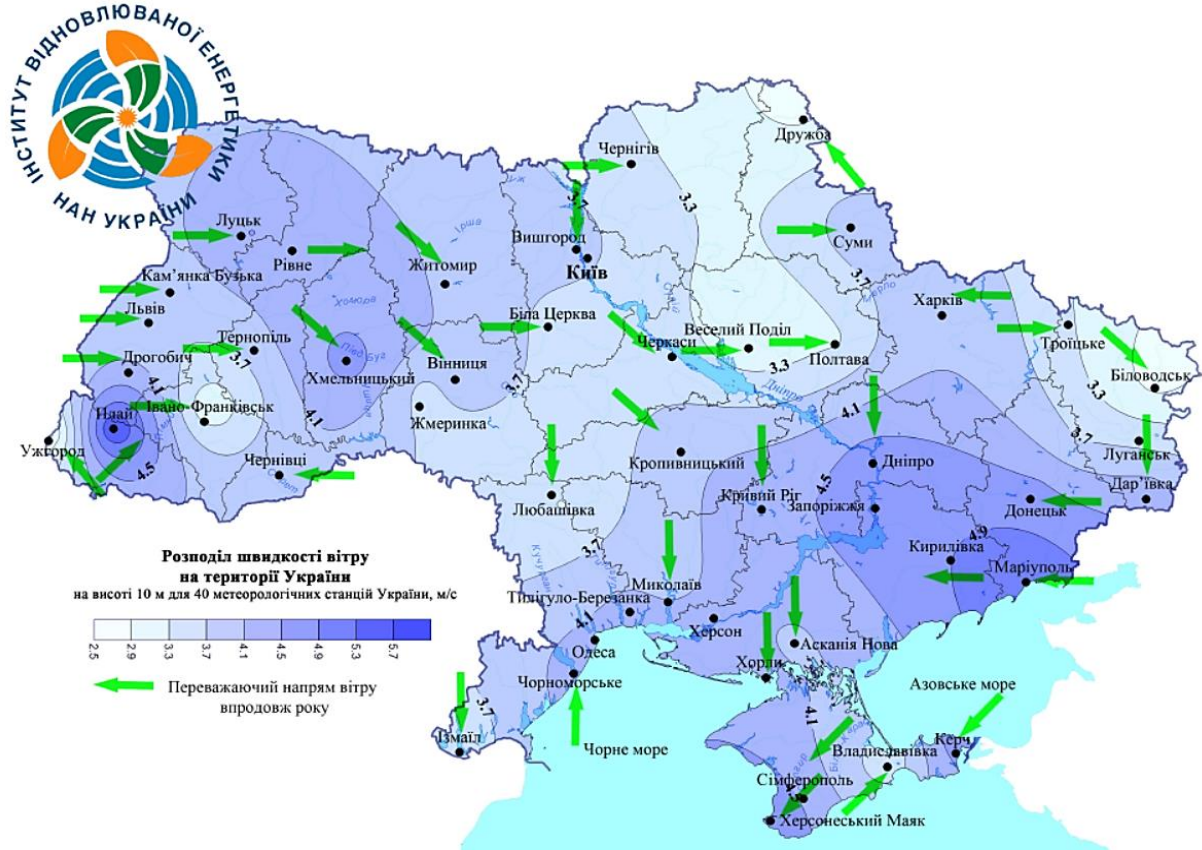


Рис. 3.13. Вітропотенціал України

Однак, на відміну від фотоелектричних перетворювачів, електромеханічні перетворювачі кінетичної енергії вітру в електричну енергію мають у своєму складі механічні рухомі частини, які мають значний момент інерції. Це потребує достатньо високої швидкості вітру для того, щоб вітрогенератор почав виробляти електроенергію. У сучасних промислових зразках вітрогенераторів ця швидкість вітру, при якій починається виробництво генератором електроенергії, коливається від 2 до 5 м/с залежно від конструкції та номінальної потужності генераторів.

Найбільш поширеною практикою при оцінці вітроенергетичного потенціалу конкретної ділянки є використання методів розподілу Вейбулла. Недоліком цього методу є те, що він не дозволяє моделювати низьку або майже нульову швидкість вітру. Проте це не впливає на оцінку потенціалу вітрової енергії для комерційного використання вітрових турбін, оскільки низькі швидкості вітру зазвичай виробляють менше енергії, отже, його можна ігнорувати. Наступні рівняння [26] дають функцію розподілу ймовірностей і кумулятивну функцію розподілу двох параметрів розподілу Вейбулла:

$$f(U) = \frac{k}{c} \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right], \quad (3.6)$$

де c – параметр масштабу Вейбулла;

k – параметр форми Вейбулла;

U – швидкість вітру, м/с.

Коефіцієнт форми k вказує на потенціал вітру і на те, як він може досягати піку розподілу.

Важливою частиною статистичного аналізу є визначення оптимального часу, коли вітрова турбіна може бути потенційно функціональною на території, що розглядається. З цієї причини слід розрахувати кумулятивну функцію розподілу. Кумулятивна функція швидкості являє собою частку часу, коли швидкість вітру дорівнює або менша за швидкість U . Тоді кумулятивний розподіл Вейбулла можна виразити так:

$$F(U) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right]. \quad (3.7)$$

Значення коефіцієнта Вейбулла k відображає широту розподілу: чим ширший розподіл, тим нижче значення k . На рис. 3.14 показано декілька розподілів Вейбулла. Графіки побудовані для випадків, коли середня швидкість вітру 7 м/с, а значення коефіцієнта Вейбулла змінюється від 1,5 до 3,5.

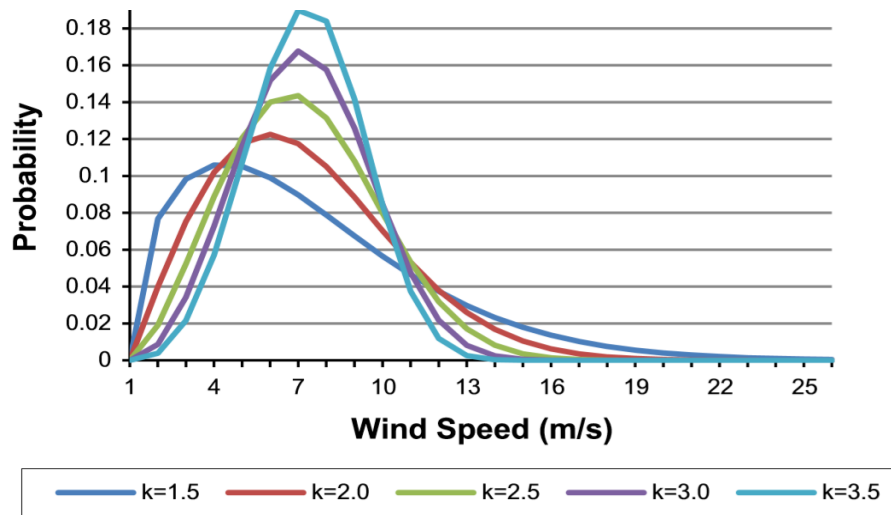


Рис. 3.14. Графік розподілу Вейбула для зміни k при середній швидкості вітру 7 м/с

Розподіл Вейбулла відповідає вимірним розподілам швидкості вітру. Рисунок 3.15 ілюструє вимірний розподіл швидкості вітру разом із найкращим розподілом Вейбулла. Згідно з рис. 3.15 крива з оптимальними показниками, коли $k = 1,5$ і $c = 6$ м/с. Отже, довгострокові вимірювані дані можна охарактеризувати, використовуючи лише два параметри c і k [33].

На основі даних POWER Data Access Viewer [25] та розробленої моделі розглянуті показники сонячного випромінювання та швидкості вітру на висоті 10 м в населеному пункті Любеч були промодельовані протягом 2017–2020 рр. Вибір аналізу вітру на висоті саме 10 м обґрунтований практичністю застосування вітрових установок на цій відстані для живлення невеликих об'єктів, у тому числі автономних станцій моніторингу.

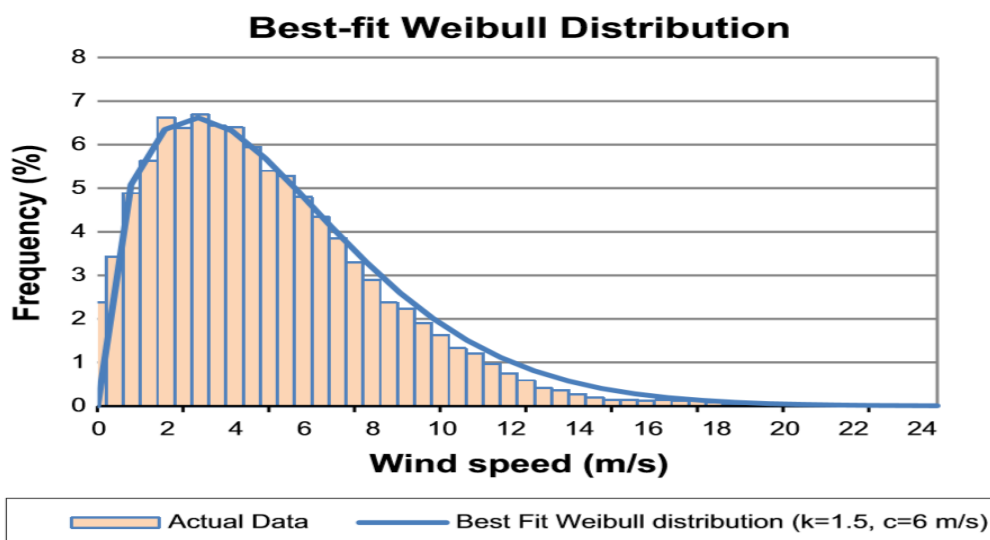


Рис. 3.15. Графік розподілу для зміни k при середній швидкості вітру 7 м/с

Пікове значення швидкості вітру можна побачити на рис. 3.16 на початку листопада 2017 року, що становить близько 11 м/с та є найбільшим показом за 4 роки.

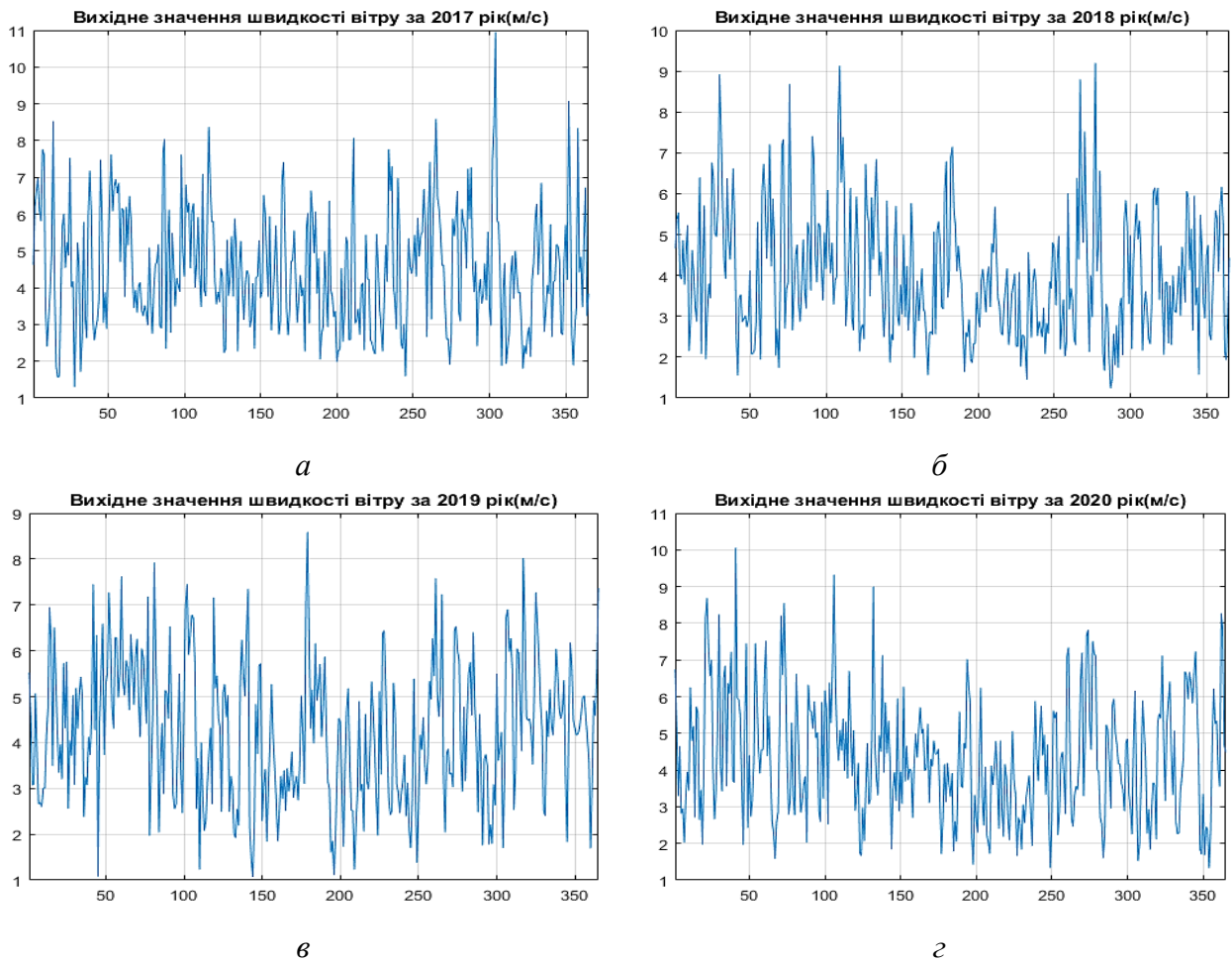


Рис. 3.16. Графік розподілу швидкості вітру:
а – у 2017 році; б – у 2018 році; в – у 2019 році; г – у 2020 році

З використанням розробленої MathLab (додаток А) проведено аналіз швидкості вітру з 2017 по 2020 роки, результати якого представлені на рис. 3.17.

```

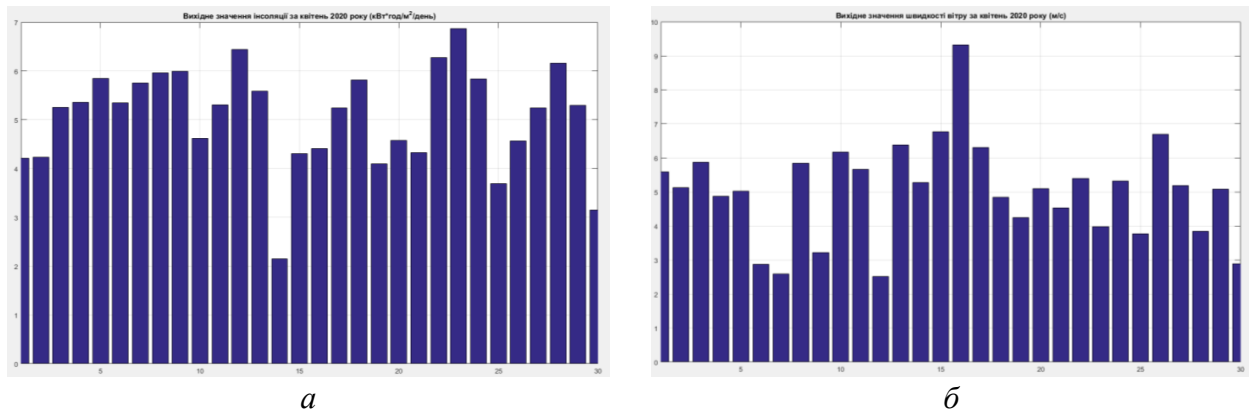
Кількість днів в 2017 році з швидкістю вітру менше 3.58 м/с: 116
Кількість днів в 2018 році з швидкістю вітру менше 3.58 м/с: 160
Кількість днів в 2019 році з швидкістю вітру менше 3.58 м/с: 135
Кількість днів в 2020 році з швидкістю вітру менше 3.58 м/с: 133

Значення швидкості вітру за 2017 рік середнє: 4.5063, min: 1.3, max: 10.95 (м/с)
Значення швидкості вітру за 2018 рік середнє: 4.02156, min: 1.24, max: 9.2 (м/с)
Значення швидкості вітру за 2019 рік середнє: 4.24592, min: 1.07, max: 8.59 (м/с)
Значення швидкості вітру за 2020 рік середнє: 4.32575, min: 1.33, max: 10.06 (м/с)
    
```

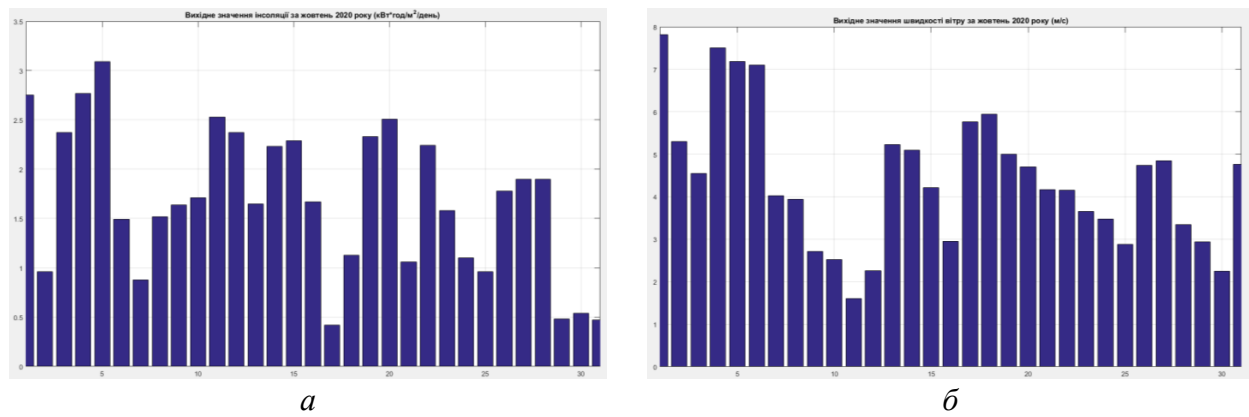
Рис. 3.17. Результати розрахунку параметрів вітру в MathLab

Найбільший дефіцит енергії вітру припав на 2018 рік і становив 160 днів.

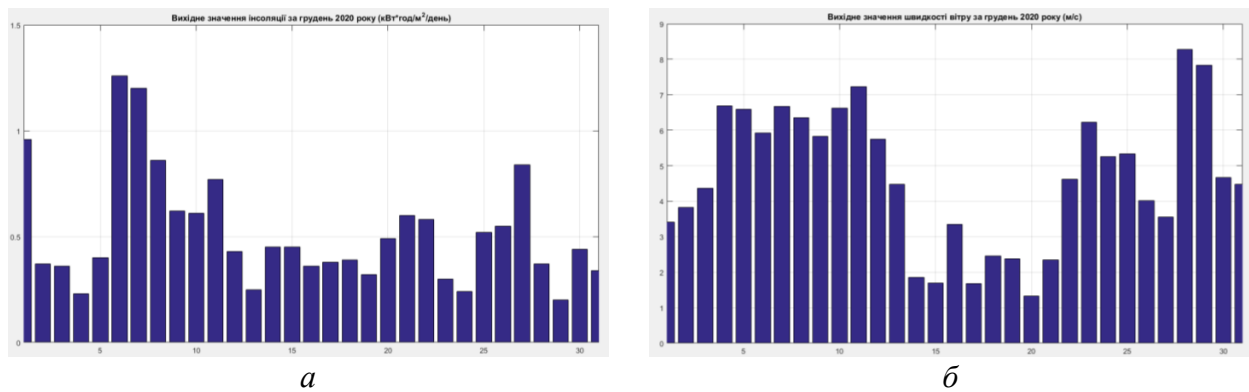
Цікавим є одночасне порівняння графіків вітропотенціалу та сонячної інсоляції на однакових часових проміжках (рис. 3.18-3.20).



**Рис. 3.18. Графік розподілу сонячної інсоляції:
а – та швидкості вітру; б – у квітні 2020 року**



**Рис. 3.19. Графік розподілу сонячної інсоляції:
а – та швидкості вітру; б – у жовтні 2020 року**



**Рис. 3.20. Графік розподілу сонячної інсоляції:
а – та швидкості вітру; б – у грудні 2020 року**

Як видно з порівняння графіків, для певних днів, коли інтенсивність сонячного випромінювання невелика, швидкість вітру достатня, щоб покрити енергоспоживання станції моніторингу, для інших навпаки – при достатній сонячній інсоляції ми маємо невелику швидкість вітру. Проте є також дні, коли і енергії вітру, і енергії сонця не достатньо для того, щоб забезпечити повну потребу АГМЕС в енергії. Тому для помірного кліматичного поясу використання АГМЕС без акумуляторів є недоцільним навіть при використанні декількох

джерел відновлювальної енергетики одночасно. Водночас така комбінація відновлювальних джерел енергії дозволяє використовувати акумулятори меншої ємності, що суттєво зменшує вартість станції і масогабаритні показники.

Це ілюструє приклад АГМЕС «Theorems Dnipro», яка має добове енергоспоживання взимку 2,4 кВт·год/добу та 0,35 кВт·год/добу влітку. З рис. 3.18-3.20 видно, що у квітні сонячна енергія повністю перекриває потреби системи в живленні, проте і швидкість вітру має високі показники. У жовтні енергії живлення від сонця вистачає тільки на 3 дні, але в ці дні швидкість вітру більше за стартову швидкість портативних вітрогенераторів (що дорівнює 2,5 м/с), тому вона може компенсувати спади інсоляції. У грудні сонячні панелі не забезпечують потреби навантаження системи протягом 19 днів, а завдяки вітру можна покрити лише 14 днів. Цей максимальний часовий проміжок, визначений на етапі попереднього моделювання, повинен використовуватися для вибору ємності акумулятора.

Таким чином, проаналізувавши потенціал використання відновлювальних джерел для використання їх у системах енергозабезпечення автономних станцій моніторингу, можна зробити такі висновки:

1. Для Чернігівської області, враховуючи особливості її географічного розташування, жодне з джерел відновлювальної енергії не в змозі забезпечити надійне та безперебійне енергозабезпечення АГМЕС.

2. Враховуючи географічні особливості розрахунок вітрового та сонячного потенціалу, потрібно проводити відповідно до конкретного місця розміщення станції моніторингу.

3. Перспективними бачиться поєднання компактних вітрогенераторів, фотоелектричних модулів та акумуляторних батарей у межах системи енергозабезпечення АГМЕС, що дозволить забезпечувати надійну та безперебійну роботу станції моніторингу цілодобово протягом року.

3.3. Розрахунок параметрів комбінованого блока живлення автономних станцій моніторингу

Система живлення АГМЕС має забезпечити енергією всіх споживачів електричної енергії станції, такі як датчики та схеми узгодження їх із системою збору даних, додаткове обладнання (насоси, вентилятори тощо), система керування, збору та обробки даних (одноплатний комп'ютер, мікроконтролер тощо), система передачі вимірів (бездротовий GSM-модем, LoRaWAN тощо), системи підтримки мікроклімату у шафі з обладнанням, системи охорони, відеоспостереження, власні потреби системи живлення тощо.

Частина споживачів працюють постійно, інші можуть бути вимкнені для економії енергії і вмикатися на деякий час за потреби по сигналу системи керування. Це визначає наступні режими роботи АГМЕС:

1. Нормальний режим роботи.
2. Режим пониженого енергоспоживання.
3. Аварійний режим.

Нормальний режим роботи. У цьому режимі одноплатний комп'ютер чи інший елемент системи управління працює відповідно до програми моніторингу параметрів. Він надсилає запити до відповідних датчиків та отримує від них відповіді згідно з циклограмою роботи. Керує вихідними каналами системи живлення, надсилаючи в систему запити на ввімкнення того чи іншого каналу вихідної напруги. Надсилає інформацію на сервер. Циклограма роботи налаштовується відповідним програмним забезпеченням та може змінюватись віддалено.

Режим пониженого енергоживлення. У цьому випадку можливе як функціонування всього обладнання станції, але з більшими міжвимірними інтервалами, так і з відключенням частини датчиків та іншого обладнання, що найбільше споживають потужність.

У цей режим роботи система може перейти або по команді ззовні, або при недостатній поточній потужності джерел живлення (сонячної панелі та акумуляторів).

Аварійний режим. Контролер системи живлення постійно вимірює вхідні та вихідні струми і напруги. За цими вимірами розраховується рівень накопиченої енергії в акумуляторах, їхній стан, параметри навантаження, прогнозується можливий час роботи при поточному надходженні та витратах енергії. У випадку критичного зниження накопиченої енергії контролер блока живлення надсилає системі управління аварійний сигнал і система може бути переведена в режим пониженого енергоспоживання або взагалі вимкнена.

Також аварійний режим може бути викликаний іншими факторами: перегрів, несанкціоноване проникнення в систему, вихід параметрів системи за дозволені межі тощо.

Розрахунок системи енергозабезпечення можна умовно розділити на декілька задач:

- вибір кількості та номінальної потужності первинних перетворювачів енергії;
- вибір напруги та ємності акумуляторної батареї;
- вибір напівпровідникового перетворювача енергії, що забезпечує відбір потужності з первинного перетворювача, перетворення до рівня напруги підзарядки акумулятора та забезпечення електроживлення всіх елементів станції моніторингу.

В основу розрахунку покладено метод енергетичного балансу параметрів генерації та споживання електроенергії в межах АГМЕС.

Розроблено програмний додаток для оптимізації параметрів первинних перетворювачів енергії, акумуляторних батарей та режимів роботи вимірювального та телекомунікаційного обладнання АГМЕС.

Оптимізація складу обладнання гібридних енергосистем виконується в три послідовних етапи. На першому етапі розрахунків формуються часові ряди кліматичних даних (сонячна радіація, швидкість вітру, температура повітря) та діаграма електричних навантажень приймачів електроенергії. На другому етапі виконується моделювання режимів роботи гібридних електроенергетичних систем, у процесі якого визначаються технічні показники проєктованої

електроенергетичної системи. На третьому етапі проводиться оптимізація складу обладнання гібридних електроенергетичних систем за допомогою спеціалізованого програмного модуля, реалізованого у вигляді бібліотеки програм-функцій MatLab. Цей додаток дозволяє використовувати різні критерії оптимізації та обмеження для вирішення оптимізаційної задачі, а також має модуль оптимізації на основі алгоритму рою частинок.

Основними даними для розрахунку є параметри діаграми енергоспоживання, яка формується на основі наступного алгоритму:

- формування переліку приймачів електроенергії та їх номінальних потужностей;
- визначення типу приймачів (змінної або постійної напруги);
- оцінка часу та тривалості роботи окремого приймача протягом доби.

Частина обладнання станції споживає однакову потужність у процесі роботи (наприклад, вимірювальне обладнання, напівпровідниковий перетворювач енергії), інша частина обладнання змінює споживану потужність залежно від режиму роботи (наприклад, комунікаційний модуль при передачі повідомлень споживає на порядок більше енергії, ніж у режимі очікування).

На основі вихідних даних формується графік навантаження автономної станції моніторингу (рис. 3.21).

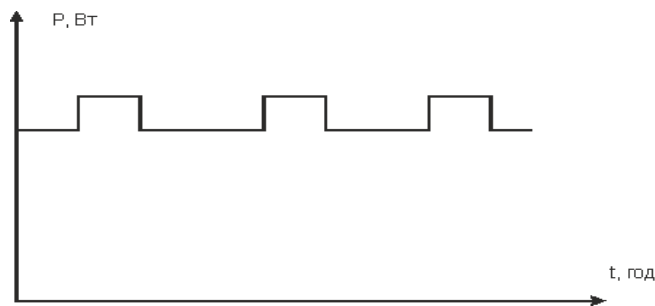


Рис. 3.21. Типовий графік електричних навантажень АГМЕС

Як видно з рис. 3.21, є базова частина графіка навантаження, зумовлена споживанням постійно включеного обладнання, та змінна частина графіка, зумовлена роботою змінного навантаження. Залежно від циклограми роботи станції, переліку обладнання форма графіку навантажень може суттєво змінюватись. Проте незалежно від форми графіка навантаження сумарну енергію, необхідну для безперебійної роботи станції, можна визначити як площу під кривою графіка потужності за формулою:

$$W_i = \int P_i(t) dt. \quad (3.8)$$

Сумарна потужність електроспоживання станції моніторингу розраховується з огляду на параметр потужності різних компонентів станції моніторингу, ККД перетворювачів електричної енергії:

$$P = \sum_{i=1}^N \frac{U_i I_i}{\eta_i}, \quad (3.9)$$

де P – загальна споживана потужність, Вт;
 i – номер споживача;

- N – кількість споживачів;
- U_i – напруга живлення i -го споживача, В;
- I_i – струм споживання i -го споживача, А;
- η_i – коефіцієнт корисної дії (ККД) для i -го споживача.

Варто відзначити, що залежно від пори року потужність споживання станції буде змінюватись, що зумовлено підключенням додаткового навантаження системи вентиляції влітку та системи обігріву взимку.

За умови постійної роботи всіх споживачів АГМЕС кількість електричної енергії W_i , яку споживає станція за добу, можна розрахувати за формулою:

$$W_i = 24 P_i. \tag{3.10}$$

Сумарну річну кількість електроенергії АГМЕС можна оцінити, просумувавши щоденні кількості енергії потребує за рік:

$$W = \sum_{i=1}^N W_i, \tag{3.11}$$

- де W – сумарна електрична енергія, спожита станцією за рік, кВт·год;
- i – кількість днів;
- N – кількість днів у році (365 або 366).

Для прикладу в табл. 3.2 наведено параметри електроспоживання елементів станції моніторингу Theorems Dnipro [31].

Таблиця 3.2 – Параметри електроспоживання елементів станції моніторингу Theorems Dnipro

| Елемент | Характеристика електроспоживання | | |
|--|----------------------------------|----------|-------------|
| | Напруга, В | Струм, А | ККД, η |
| Гідрологічний датчик (hydrostatic water level sensor) | 12 | 0,030 | 0,95 |
| Датчик температури води (water temperature sensor) | 12 | 0,030 | 0,9 |
| Метеодатчик (integrated sensor (temperature, humidity, atmospheric pressure)) | 24 | 0,040 | 0,9 |
| Датчик вітру (integrated sensor (wind direction and speed)) | 24 | 0,040 | 0,85 |
| Екологічний датчик (the sensor of ecological parameters of water) | 24 | 0,210 | 0,85 |
| Плата збору даних (sensor matching board) | 5 | 0,500 | 0,95 |
| Плата управління (single-board computer) | 12 | 0,300 | 0,95 |
| Телекомунікаційний модуль (telecommunication module) | 5 | 2,000 | 0,95 |
| Напівпровідниковий перетворювач блоку живлення (The power supply of the module itself) | 24 | 0,200 | 0,95 |
| Датчик опадів (precipitation sensor) | 12 | 0,015 | 0,95 |
| Водяний насос (water submersible pump) | 12 | 5,000 | 0,85 |

Джерело: складено авторами.

Сумарне навантаження станції за добу становило 2230 Вт·год.

На рис. 3.22 представлено розподіл енергії споживання окремих компонентів станції моніторингу Theorems Dnipro при постійному режимі роботи обладнання [34].

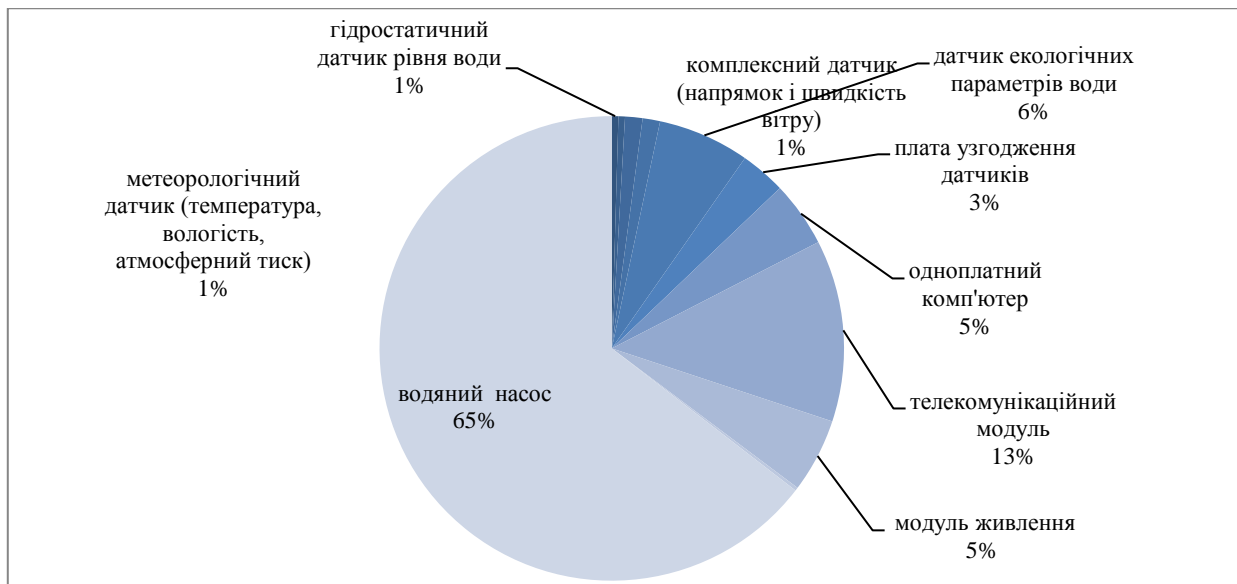


Рис. 3.22. Розподіл сумарного електроспоживання станції моніторингу Theorems Dnipro між елементами при незмінному режимі їхньої роботи

Джерело: складено авторами.

Як видно з діаграми (рис. 3.22), найбільше споживання на станції мають водяний насос та телекомунікаційний модуль. Зменшивши споживання найбільш енергоємного обладнання, ми більш ефективно знизимо електроспоживання станції загалом. Зробити це можна шляхом відключення частини обладнання станції на певний час.

Варто відзначити, що деякі елементи станції, в тому числі деякі з використовуваних датчиків, не можуть бути відключені від електроживлення, оскільки це може порушити виконання алгоритму їхньої роботи.

Інші датчики ми можемо підключати тільки на час проведення вимірювань та передачі показів платі збору даних, а потім знову їх відключати. Проміжок часу, необхідний для проведення вимірювання, вказується в технічній документації на датчик і залежить від принципу роботи датчика.

Сучасні гідрометеорологічні датчики досить швидкодіючі, час одного вимірювання не перевищує декількох секунд. Однак з метою підвищення точності вимірювання, виключення грубих промахів і випадкових помилок, доцільно проводити багаторазові вимірювання з подальшим усередненням результатів. Це збільшує час вимірювання від десятків секунд до декількох хвилин, в залежності від типу датчика.

Для зменшення інструментальної похибки деякі датчики, наприклад, інтегрований датчик (температури, вологості, атмосферного тиску) WS-300 [35], встановлений на станції «THEOREMS Dnipro», вимагають деякого часу роботи перед початком вимірювання. Ця інформація вказана в технічних характеристиках датчиків.

З іншого боку, є обмеження стандартів ВМО [36-40] та вітчизняних нормативних документів [21-22; 41-47] щодо періодичності та точності вимірювання гідрометеорологічних параметрів. Відповідно до керівних принципів Глобальної системи спостережень для гідрометеорологічних станцій

[38], для вимірювань атмосферного тиску, температури повітря, вологості, швидкості вітру, температури морської поверхні та видимості вимірювані значення усереднюються протягом від 1 до 15 хвилин.

Для станцій, що входять до складу Глобальної системи спостережень, неприпустимо встановлювати інтервали вимірювань менші, ніж регламентовані стандартом. Однак для станцій моніторингу, які не входять до Глобальної системи спостережень, але виконують функції інформаційних серверів, інтервал вимірювання може бути збільшений з метою зменшення енергоспоживання.

Телекомунікаційний модуль використовується для передачі даних вимірювань на відповідні сервери диспетчерських служб, а також для отримання службової інформації та дистанційного керування станцією.

Енергоспоживання телекомунікаційного модуля значною мірою залежить від режиму його роботи та віддаленості від базової станції [48].

При реалізації на станції модуля попередньої обробки даних вимірювань та їх архівування процес відправки займає декілька хвилин і може здійснюватися за задалегідь визначеним розкладом.

Для економії електроенергії модуль зв'язку може бути ввімкнений лише під час відправлення повідомлень. Однак, якщо вимірювальна апаратура виявить високу динаміку зміни контрольованих параметрів, що може бути ознакою аварійної ситуації, телекомунікаційний модуль повинен включитися поза розкладом і передати сигнал тривоги відповідним службам.

Відповідно до вищезазначених принципів було проведено аналіз режимів роботи елементів станції «THEOREMS Dnipro» [34].

Результати об'єднання елементів за режимами їхньої роботи представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Групування елементів АГМЕС залежно від режиму їхньої роботи

| Режим роботи | 15 хвилин на годину | 20 хвилин за день | Постійно |
|---------------|--|--|---|
| Елемент АГМЕС | гідростатичний датчик рівня води; датчик температури води; метеорологічний датчик (температури, вологості, атмосферного тиску); комплексний датчик (напрямок і швидкість вітру); датчик опадів | водяний насос; датчик екологічних параметрів води; телекомунікаційний модуль | модуль живлення; плата узгодження датчиків; одноплатний комп'ютер |

Джерело: складено авторами.

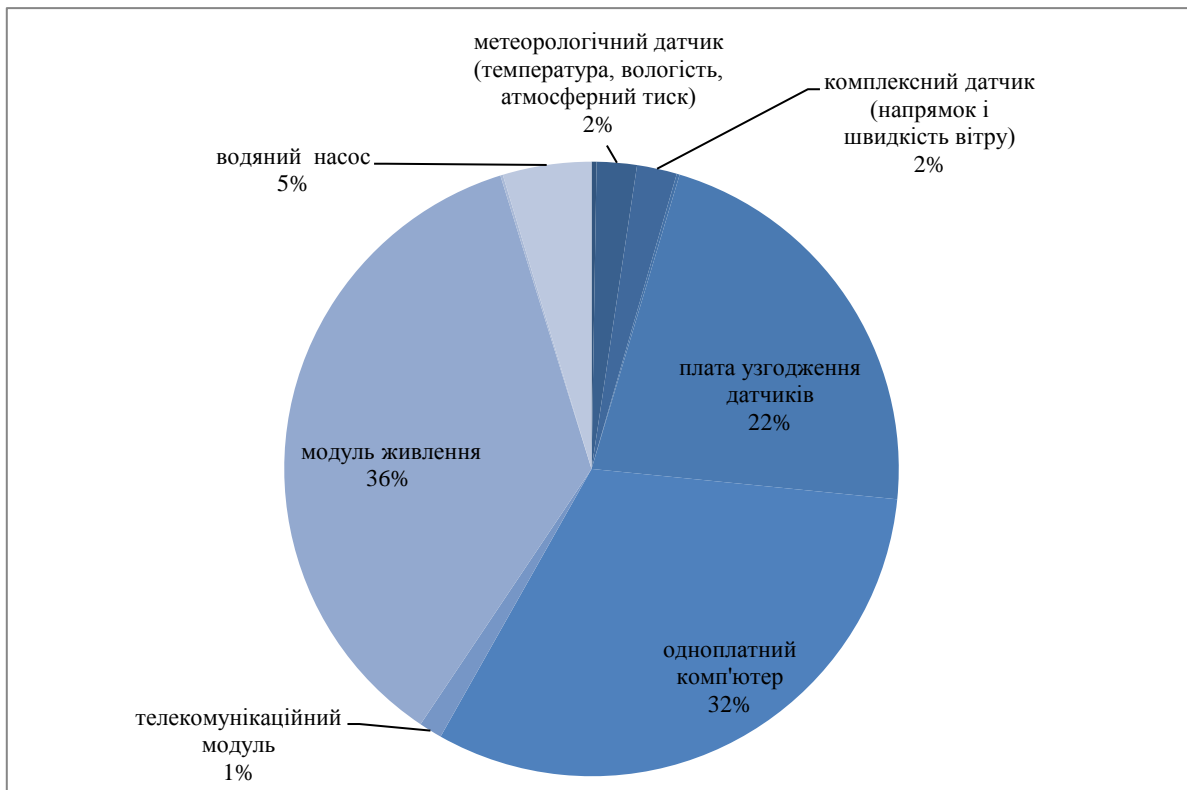
У випадку короткочасної роботи окремих елементів енергія, необхідна для їхньої роботи, розраховується за формулою:

$$w_j = \sum_{i=1}^N \frac{U_i I_i \bar{t}_i}{\eta_i}, \quad (3.12)$$

де \bar{t}_i – відносний час роботи i -го елемента;
 i – кількість днів.

На рис. 3.23 показано розподіл споживання енергії елементами станції моніторингу після оптимізації [34].

Загальне добове споживання станції зменшилось до 350 Вт·год.



Рису. 3.23. Розподіл сумарного електроспоживання станції моніторингу Theorems Dnipro між елементами при змінному режимі їхньої роботи

Джерело: складено авторами.

Як видно, найбільшими споживачами енергії після оптимізації є елементи, які працюють постійно. Тому подальше зменшення енергоспоживання станції можливе за рахунок зменшення власного енергоспоживання цих елементів.

Оскільки деякі споживачі можуть споживати додаткову потужність (наприклад, деякі датчики мають обігрів у холодну пору року), має сенс розраховувати окремо основне та додаткове енергоспоживання.

Як було показано вище, використання відновлювальних джерел енергії навіть при їх комбінації не може забезпечити безвідмовну роботи станції моніторингу. Саме тому станції моніторингу використовують акумуляторні батареї для накопичення енергії в нічний час і в похмурі дні при відсутності безперервного джерела живлення. Кількість і тип з'єднань акумуляторних батарей вибирається залежно від необхідної напруги й потужності.

Вихідними даними для розрахунку є бажана кількість днів автономної роботи, напруга, струм (потужність) і ємність одного акумулятора, кількість таких акумуляторів і тип їх з'єднання. Батареї можуть бути з'єднані послідовно, паралельно або мати змішаний тип з'єднання.

Потрібно визначити енергію, що зберігається в акумуляторі, та її витрату при розрахунках. При цьому слід враховувати початковий стан батареї: вона може бути встановлена вже повністю зарядженою або повністю чи частково розрядженою.

Також необхідно забезпечити підігрів акумуляторів у холодну пору року, адже, наприклад, ємність свинцево-кислотних акумуляторів зменшується на 50 % при зниженні температури до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [49], а при температурі нижче $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у розрядженому акумуляторі може замерзнути електроліт і батарея взагалі перестане функціонувати. Взимку, при тривалій похмурій погоді, велика ймовірність розряду акумуляторів і замерзання електроліту за наявності мінусових температур. Це треба враховувати при проектуванні станції. Батареї слід додатково утеплити і встановити систему підігріву. Підігрів корисний навіть при плюсовій температурі, тому що чим вище температура батареї, тим вище її ємність. Якщо температура свинцевого акумулятора перевищує $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, його ємність буде вищою за номінальну [49]. Водночас треба стежити за тим, щоб не перевищувати максимальну робочу температуру акумулятора. Бажано витратити всю наявну вільну енергію на підігрів акумуляторів у холодну пору року. При наявності сонячної енергії слід спочатку зарядити акумуляторну батарею, а надлишок енергії використовувати для обігріву. Це підвищить ефективність використання сонячної енергії.

Для додаткової економії електроенергії станції доцільно встановити систему контролю температури всередині шафи управління і окремо в акумуляторному відсіку. Пристрій управління, на підставі інформації від системи моніторингу температури та інформації про стан заряду акумуляторної батареї, дає команду на включення обігріву.

Функцію контролю і підтримки температури акумуляторної батареї рекомендується покласти на систему управління. Це дасть можливість підтримувати оптимальний режим заряду акумуляторних батарей шляхом регулювання режимів заряду в залежності від температури акумуляторів. Передусім це стосується максимальної зарядної напруги [49].

Під час роботи станції акумуляторна батарея може перебувати в декількох станах:

Стан 1: батарея повністю заряджена (енергія більше не накопичується). Сонячної енергії достатньо для поточного споживання станції. У цьому стані енергія від сонячних фотоелектричних перетворювачів витрачається на живлення станції і може витрачатися на нагрів акумуляторних батарей.

Стан 2: акумуляторна батарея повністю розряджена (енергія з батареї більше не використовується). За таких умов станція вимикається за тривогию низького заряду акумулятора. Такий стан буде тривати доти, поки енергії від фотоелектричного перетворювача буде достатньо для запуску процесу зарядки акумулятора. Якщо енергії від панелей буде достатньо, станція моніторингу увімкнеться і почне працювати паралельно з процесом зарядки акумулятора (стан 3). З метою запобігання частих вмикань/вимикань станції через розряджену батарею та нестабільне сонячне освітлення, наприклад, в похмуру погоду, що може призвести до передчасного виходу з ладу деяких елементів станції, рекомендується подавати живлення на станцію після початкового заряду батарей, наприклад, до рівня 5 %. Розподіл енергії, що використовується для заряду акумуляторної батареї та живлення станції, здійснюється контролером енергосистеми або головним комп'ютером системи за заздалегідь визначеним

алгоритмом роботи. Є можливість виділяти всю енергію на зарядку акумулятора або всю енергію на живлення станції, залежно від поточних пріоритетів. Також можливе використання надлишкової енергії для підігріву акумулятора.

Стан 3: акумуляторна батарея частково розряджена, залишковий рівень заряду дозволяє станції моніторингу працювати тривалий час. У цьому режимі відбувається нормальна робота станції з живленням від акумулятора та фотоелектричного перетворювача. Зарядка акумулятора може не здійснюватися, якщо від фотоелектричного перетворювача не надходить достатньої потужності.

При розрахунку накопичення енергії в акумуляторних батареях необхідно також враховувати ККД процесу заряду акумуляторних батарей (типове значення для свинцево-кислотного акумулятора - 0,75) та ККД самого зарядного пристрою (в сучасних умовах він може бути досить високим, навіть 0,95 і вище при використанні, наприклад, квазірезонансних перетворювачів зі спеціальним режимом роботи, наприклад, як це описано в [49]). Рекомендується використовувати значення ККД у діапазоні від 0,8 до 0,9 для більшості сучасних традиційних імпульсних зарядних пристроїв).

Для забезпечення живлення станції тільки від акумуляторів протягом заданої кількості діб необхідна ємність акумуляторної батареї розраховується за виразом:

$$Q_B \geq \frac{24 N P}{U}, \quad (3.13)$$

де Q_B – ємність батареї, А·год;

N – кількість днів безперервної роботи тільки від батареї;

U – напруга батареї, В.

Максимальна кількість енергії, яку може зберігати акумуляторна батарея, знаходиться за формулою:

$$W_{\max} = \frac{U Q_B}{1000}, \quad (3.14)$$

де W_{\max} – максимальна енергія акумулятора, кВт·год.

Для визначення добового залишку енергії в акумуляторі для кожного дня протягом року необхідно знайти різницю між енергією, виробленою сонячним фотоелектричним перетворювачем за добу, і споживанням енергії станцією за добу

$$\Delta W_i = W_i^S - W_i, \quad (3.15)$$

де ΔW_i - добовий баланс енергії за i -ту добу, кВт·год;

W_i^S – енергія, отримана від сонячної панелі в i -ту добу, кВт·год;

W_i – витрата енергії за i -ту добу, кВт·год.

Регулювання енергії в акумуляторі виконується в залежності від знака й модуля добового балансу.

Можливі такі варіанти:

– добовий баланс позитивний - акумулятор заряджається. Необхідно додати до поточного значення рівня енергії в акумуляторі модуль добового балансу енергії з урахуванням ефективності процесу заряду акумулятора.

$$W_3 = \Delta W_i \eta_{chr}^B \eta_{chr}, \quad (3.16)$$

де W_3 – енергія заряду за i -ту добу, кВт·год;
 ΔW_i – добовий баланс енергії за i -ту добу, кВт·год;
 η_{chr}^B – ККД процесу заряду акумулятора;
 η_{chr} – ККД зарядного пристрою.

Якщо сума більше, ніж W_{max} , то це говорить про те, що в цей день акумулятор буде повністю заряджений;

– добовий баланс дорівнює нулю – акумуляторна батарея знаходиться в стані накопичення енергії (відбувається тільки саморозряд струмами витоку акумуляторної батареї та її зовнішніх ланцюгів);

– добовий баланс від’ємний – акумуляторна батарея розряджена, потрібно від поточного значення рівня енергії в модулі акумулятора відняти значення добового балансу енергії. Якщо значення менше нуля, встановіть енергію акумулятора в нуль, тобто акумулятор в цей день буде повністю розряджений.

Розрахунок для кожного з наведених вище випадків наведено у виразі:

$$W_i^B = \begin{cases} W_{i-1}^B + W_3, & \text{if } \Delta W_i > 0 \text{ and } W_{i-1}^B + W_3 < W_{max}, \\ W_{max}, & \text{if } \Delta W_i > 0 \text{ and } W_{i-1}^B + W_3 \geq W_{max}, \\ W_{i-1}^B, & \text{if } \Delta W_i = 0, \\ W_{i-1}^B - |\Delta W_i|, & \text{if } \Delta W_i < 0 \text{ i } W_{i-1}^B - |\Delta W_i| > 0, \\ 0, & \text{if } \Delta W_i < 0 \text{ and } W_{i-1}^B - |\Delta W_i| \leq 0, \end{cases} \quad (3.17)$$

де W_i^B – енергія в АБ на кінець i -ої доби, кВт·год;
 ΔW_i – добовий баланс енергії за i -ту добу, кВт·год;
 W_{i-1}^B – енергія в АБ на кінець попередньої доби, кВт·год;
 W_{max} – максимальна енергія в акумуляторній батареї, кВт·год.

Третьою не менш важливою складовою системи енергозабезпечення АГМЕС є модуль живлення на основі напівпровідникового перетворювача. Він здійснює перетворення енергії з виходів первинних перетворювачів (сонячних панелей, вітрогенератора тощо) до рівнів, необхідних для надійної роботи всіх елементів станції моніторингу.

Сучасні датчики безпомилково працюють у широкому діапазоні напруг живлення. Тому стабільність напруги не є критичною вимогою до модуля живлення. Необхідно вибирати структури DC-DC перетворювачів, які мають низьке власне енергоспоживання.

Крім того, модуль живлення повинен мати декілька незалежних каналів з можливістю роздільної комутації. Для зменшення габаритів і вартості модуля живлення, підвищення надійності до одного каналу можна підключити декілька елементів з однаковим режимом роботи. При цьому необхідно враховувати електромагнітну сумісність об’єднаних пристроїв.

Для забезпечення надійного функціонування АГМЕС блок живлення станції має формувати канали живлення для кожного елемента АГМЕС, забезпечуючи допустимі рівні напруги. Структурна схема модуля живлення представлена на рис. 3.24 [50].

Постійний контроль параметрів системи дозволяє реалізувати алгоритм відбору максимальної потужності від сонячної панелі, забезпечити інформацією інтелектуальний алгоритм, що дозволяє відбирати від сонячної панелі енергію при низьких рівнях освітленості, оцінювати залишкову ємність акумуляторних батарей та відповідно від цього значення змінювати інтервали роботи обладнання станції моніторингу – подавати живлення на певні датчики лише на час зняття показів, включати модем для передачі/прийому даних декілька разів на добу тощо. Для того щоб при таких режимах не втрачались дані вимірювань, на станції моніторингу доцільно передбачити плату збору даних, яка постійно буде зберігати результати вимірювань на енергонезалежний накопичувач, а потім при заживленні модема передавати пакет даних. Дана пакетна передача має також перевагу з погляду використання інтернет-трафіку, оскільки різні мобільні оператори використовують різні підходи щодо обліку використаного інтернету, рахуючи десятками, сотнями, тисячами кілобіт. Таким чином передача одного більшого повідомлення забезпечить менший використаний обсяг інтернету у порівнянні з передачею того ж обсягу інформації більш частими, але меншими за об'ємом повідомленнями.

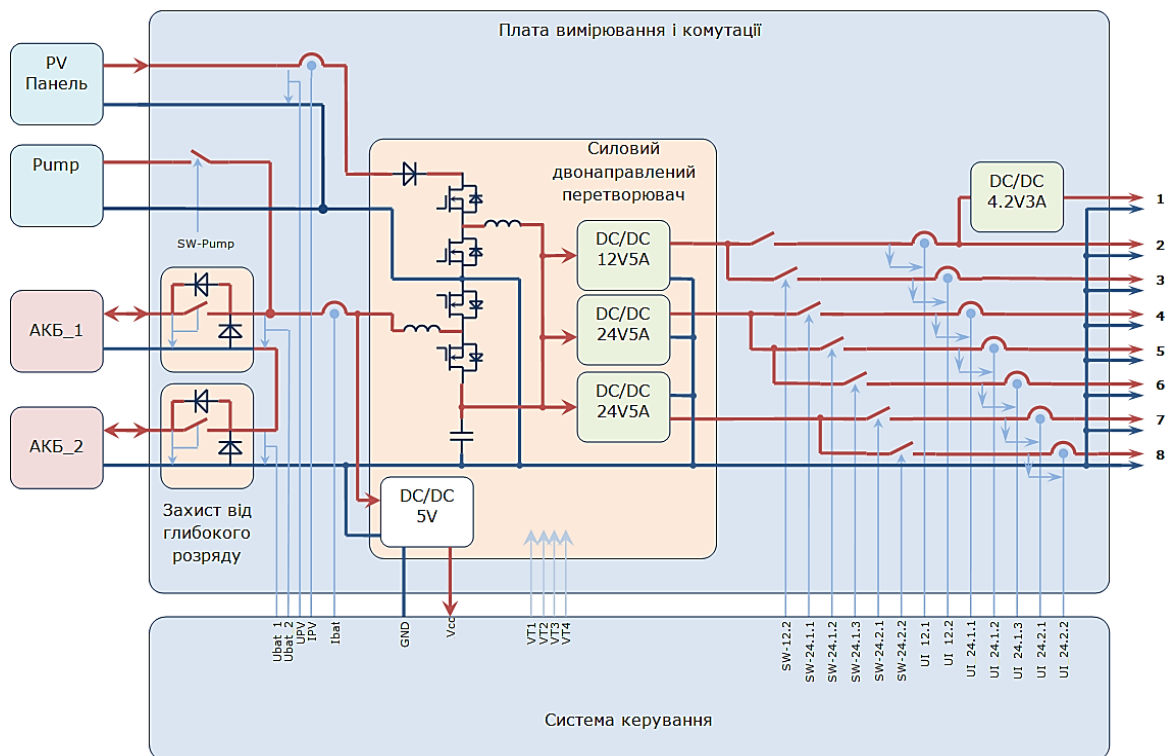


Рис. 3.24. Структурна схема модулю живлення станції моніторингу

Джерело: складено авторами.

Аналіз результатів вимірювань протягом 2019-2020 рр. показав [51], що невизначеність стабілізації напруги вихідних каналів двонаправленого напівпровідникового перетворювача за типом А не більше за 1%. Проте в експериментальній вибірці час від часу трапляються викиди, які необхідно виключати на основі статистичних методів аналізу з розгляду.

Поєднання системи контролю параметрів системи електроживлення та адаптивного алгоритму керування режимом роботи споживачів станції дозволяє забезпечити її стабільну роботу навіть при затяжних похмурих періодах, коли сонячної енергії дуже мало (рис. 3.25).

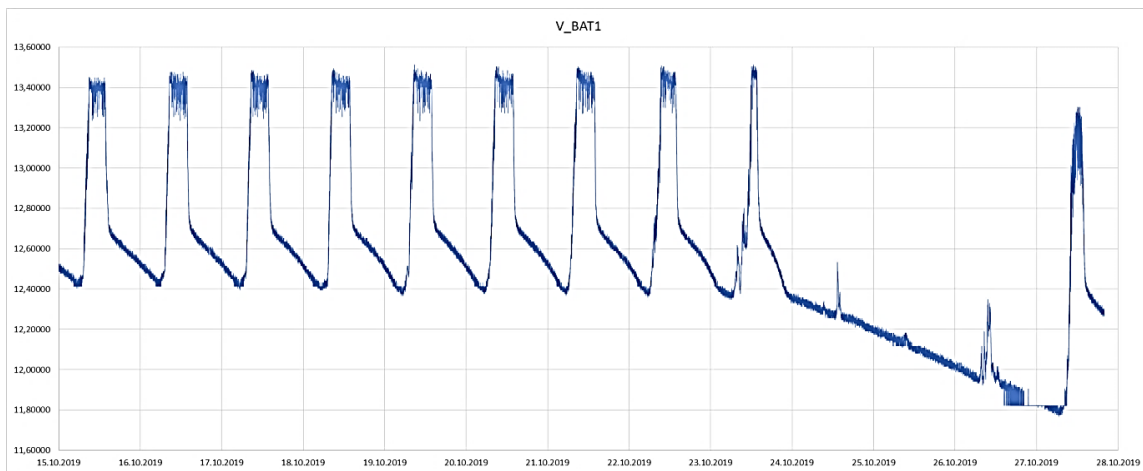


Рис. 3.25. Напруга акумуляторної батареї АГМЕС «Theorems Dnipro» протягом 15-28 жовтня 2019 року

Таким чином успішний досвід експлуатації АГМЕС «Theorems Dnipro» дозволяє стверджувати, що описана концепція розрахунку системи енергозабезпечення автономної станції моніторингу забезпечує надійне електропостачання станції моніторингу при мінімальних номінальних параметрах первинних перетворювачів енергії та ємності акумуляторної батареї.

Список використаних джерел до розділу 3

1. Водний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 1995. № 214/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>.
2. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 922 від 01.09.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>.
3. Water Framework Directive, 2000\60\EC URL: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/water-framework-directive-wfd-2000>.
4. Дубницька М. В., Крельштейн П. Д. Нові підходи до обліку і моніторингу водних об'єктів (тривимірний простір). *Містобудування та територіальне планування* : наук.-техн. збірник. Київ : КНУБА, 2017. С.70–79.
5. Качала С.В. Вдосконалення системи організації мережі моніторингу водних об'єктів. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсовикористання* : наук.-техн. журн. 2017. № 1(15). С. 90-96.
6. Pohrebennyk V., Korostynska O., Mason A., Cygnar M. Operative Control Parameters of Water Environment. *9th international conference on developments in esystems engineering (dese)*. Liverpool, 2016. Pp. 335-340.

7. Samiha Haron N., Khuzaimi Mahamad M., Abdul Aziz I., Mehat M. Remote Water Quality Monitoring System using Wireless Sensors. *8th WSEAS International Conference on Electronics, Hardware, Wireless, and Optical Communications*. Cambridge, UK, February, 2009. Pp. 148-154.
8. Fornai F., Bartaloni F., Ferri G., Manzi A., Ciuchi F. and Laschi C. An autonomous water monitoring and sampling system for small-sized ASV operations. *2012 Oceans*, Hampton Roads, VA, 2012. Pp. 1-6.
9. Jack L. Riley, Bryan R. Murray, Olivia A. Hauser, David B. Wolcott, Robert M. Heitsenrether, Stephen K. Gill. GPS Water Level Buoy for Hydrographic Survey Applications. Final Report: Proof-of-Concept 2014/NWLON-Comparison Project. Silver Spring, MD (NOAA).
10. André G., Martin Miguez B., Ballu V., Testut L., Wöppelmann G. Measuring sea level with GPS- Equipped Buoys: A multi-instruments experiment at Aix island. *The International Hydrographic Review*. 2013. No 10.
11. Gallah N., Bahri O. b., Lazreg N., Chaouch A., Kamel Besbes. Water Quality Monitoring based on Small Satellite Technology. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2017. Vol. 8, No. 3. Pp. 357-362.
12. Amit Joshi A. Water Quality Monitoring System Using Zig-Bee and Solar Power Supply. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. 2015. Vol. 4, No. 10. Pp. 8103-8109.
13. Yue R., Ying T. A Novel Water Quality Monitoring System Solar Power Supply and Wireless Sensor Network. *International Conference of Environmental Science and Engineering*, Bali Island, Indonesia. 2012. Vol. 12, Part A. Pp. 265–272.
14. Dan Xu, Daoliang Li, Biaoqing Fei, Yang Wang, Fa Peng. A GPRS-Based Low Energy Consumption Remote Terminal Unit for Aquaculture Water Quality Monitoring. *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII*. 2014. Pp. 492-503.
15. Li W., Pan P., Tan L. S., Luo X. K. Remote On-Line Automatic Monitoring System of Reservoir"s Water Regimen Based on WSN and GPRS Network. *Applied Mechanics and Materials*. April 2014. Vol. 536. Pp. 1223-1230.
16. Zhu X., Yue Y., Wong P., Zhang Y. and Meng J. Novel numerical and computational techniques for remote sensor based monitoring of freshwater quality. *IEEE International Conference of Online Analysis and Computing Science (ICOACS)*, Chongqing, 2016. Pp. 91-95.
17. Hydrological Monitoring Instrumentation. URL: <https://www.xylem-analytics.asia/media/pdfs/hydrological-monitoring-catalog-2021.pdf>.
18. Meteo-Hydrological Sensors within the Lake Maggiore Catchment: System Establishment, Functioning and Data Validation / Ciampittiello M., Manca D., Dresti Cl., Grisoni S., Lami A. et al. *Sensors (Basel)*. 2021. Vol. 21(24). DOI: 10.3390/s21248300.
19. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>.
20. Про гідрометеорологічну діяльність : Закон України від 18.02.1999 № 443-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/443-14>.

21. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 380 с.
22. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть II. Гидрологические наблюдения и работы на малых реках. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 268 с.
23. Приступа А. Л., Безручко В. М., Велигорський О. А., Ревко А. С., Кришньов Ю. В. Сучасні автономні гідрометеорологічні вимірювальні станції: монографія. Чернігів : Видавець Брагинець О.В., 2019. 180 с.
24. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.
25. POWER Data Access Viewer. Prediction of Worldwide Energy Resource. URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
26. Шигорін П. П. Практикум з астрономії : навч. посіб. Луцьк, 2016. 64 с.
27. STELLARIUM. URL: <https://stellarium.org/>.
28. Остренко Д. О., Колларов О. Ю. Аналіз впливу кута нахилу сонячних панелей на роботу електричної мережі з використанням ВДЕ. *Електротехніка та енергетика*. 2020. № 2(23). С. 70-76.
29. Інформація про сонце в Чернігові, Україна. (2021). *365.wiki*. URL: <https://ua.365.wiki/world/ukraine/chernihiv/sun/>.
30. Кузик М. П., Римар Т. І. Визначення оптимальних кутів нахилу сонячних панелей для довільних часових інтервалів на території України. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. 2021. № 1 (5). С. 47-52.
31. Prystupa A., Kazymyr V., Zabašta A., Revko A., Stepenko S., Novyk K. Autonomous Power Supply Development for Hydrometeorological Monitoring Station. *2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON)*, 2022. Pp. 1-6. DOI: 10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830499.
32. Stevens M.J.M., Smulders P.T. Estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy utilization purposes. *Wind Engineering*. 1979. Vol. 3(2). Pp. 132-145.
33. Bader S. Enabling Autonomous Environmental Measurement Systems with Low-Power Wireless Sensor Networks. Thesis for the Degree of Licentiate Sundsvall 2011. Sundsvall: Mid Sweden University.
34. Prystupa A., Marhasova V., Stepenko S., Kulko T., Kulik B. and Novyk K. Optimization of Electricity Consumption for Autonomous Monitoring Station "THEOREMS Dnipro". *2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. Kharkiv, Ukraine, 2022. Pp. 1-6. DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916347.
35. WS300-UMB Smart Weather Sensor. URL: <https://www.lufft.com/products/compact-weather-sensors-293/ws300-umb-smart-weather-sensor-1850/>.
36. Guide to the Global Observing System, (WMO-No. 488), ed. 2010, upd 2017. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4236.
37. Explanatory circular on the WMO Quality Management Framework. URL: http://www.bom.gov.au/wmo/quality_management/docs/QMF-circ_en.pdf.
38. Guide to Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), ed. 2018. URL: https://community.wmo.int/activity-areas/imop/wmo-no_8.

39. Quality Management Framework. URL: http://www.bom.gov.au/wmo/quality_management.shtml.

40. Manual on Codes - International Codes, Volume I.1, Annex II to the WMO Technical Regulations: part A- Alphanumeric Codes, World Meteorological Organization (WMO), ed. 2011, upd. 2019. URL: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=13617

41. КД 52.4.8.01-07 Настанова гідрометеорологічним станціям і постам вип. 2, частина 1. Метеорологічні спостереження на постах, 2007.

42. Методичні вказівки з автоматизованої обробки і контролю даних гідрометеорологічних спостережень. Вип. 3 Метеорологічна інформація гідрометеорологічних станцій і постів. Частина 1 Метеорологічна інформація станцій. 2013.

43. Методичні вказівки з автоматизованої обробки і контролю даних гідрометеорологічних спостережень. Випуск 3. Метеорологічна інформація гідрометеорологічних станцій і постів. Частина 3. Метеорологічна інформація постів. 2014.

44. КД 74.90.14-02572508-000:2015 Проведення паралельних метеорологічних спостережень. Методичні вказівки. 2015.

45. Методичні рекомендації. Просторово-часовий контроль даних метеорологічних спостережень станцій. Київ, 2021. Наказ УкрГМЦ від 16 лютого 2021 р. № НС-13/99.

46. Настанова гідрометеорологічним станціям и постам, Випуск 1. Державна система гідрометеорологічних спостережень. Основні положення і нормативні документи. 2019.

47. КД 52.4.6.01-11 Настанова гідрометеорологічним станціям і постам Випуск 5. Частина 1. Актинометричні спостереження на станціях. 2011.

48. С. Lubritto, "Telecommunication Power System: Energy Saving, Renewable Sources and Environmental Monitoring", in Trends in Telecommunications Technologies. London, United Kingdom: IntechOpen, 2010 [Online]. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/9710> doi: 10.5772/8493.

49. "IEEE Recommended Practice for Installation and Maintenance of Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems - Redline," in IEEE Std 937-2019 (Revision of IEEE Std 937-2007), Redline, 28 Feb. 2020. Pp.1-45,

50. Приступа А. Л. Система контролю параметрів блоку живлення автономних станцій гідрометеорологічного, екологічного моніторингу. *ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи*: збірник матеріалів XX Міжнародної науково-технічної конференції, 18–19 травня 2021 р. Київ : ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. С. 256-258.

51. Дрозд М. С., Бабко Є. О., Приступа А. Л. Статистична оцінка параметрів блоку живлення автономної станції моніторингу. *Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2019)*: науково-практична конференція (м. Чернігів, 12 грудня 2019 р.) : тези доповідей. Чернігів : ЧНТУ, 2019. С. 129–131.

РОЗДІЛ 4

НАПРЯМИ СТИМУЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ КРАЇНИ

4.1. Раціональне водокористування в контексті забезпечення населення України якісною питною водою, збереження здоров'я та тривалості життя

Якість питної води істотно впливає на здійснення фізіологічних та біохімічних процесів в організмі людини, а отже, на стан її здоров'я та можливість повноцінно використовувати власний трудовий потенціал.

Глобальні дослідження науковців США, Великої Британії, Індії, Нідерландів у 2019 році в Україні зафіксували найнижчий серед європейських країн показник здорового життя.

У дослідженні ключовим показником є роки життя з поправкою на інвалідність. Його особливістю є те, що він визначає не лише середню тривалість життя, а й враховує вплив на неї хвороб. Це дозволяє зробити коригування на кількість років, втрачених через захворюваність, інвалідність чи смертність (втрачені роки здорового життя) (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Значення показника тривалості здорового життя у країнах Європи у 2019 році

Джерело: сформовано за даними World Health Organization.

Цей показник є значно нижчим за середню тривалість життя у країнах, який не враховує втрату років через погане здоров'я. Наприклад, середня тривалість життя в Україні становить 72,01 року, що більше за DALY на майже 10 років [1].

У світових рейтингах очікуваної тривалості життя Україна посідає 113-є місце серед 189 країн, що були досліджені. У трійці лідерів Гонконг, Японія та Швейцарія.

Низькі позиції України в рейтингу за очікуваною тривалістю життя порівняно з розвинутими країнами світу частково зумовлені й неналежною якістю питної води, яка є одним з факторів впливу на стан здоров'я населення. Наслідки впливу забруднення на організм людини важко не помітити. Серйозною проблемою є захворювання, спричинені забрудненням довкілля. За даними ВООЗ, стан здоров'я населення на 80 % залежить від якості води, яку використовує населення для задоволення різноманітних потреб [2, с. 9; 3, с. 117]. Вони викликають зростання онкологічних захворювань, призводять до алергічних реакцій. Сильно страждає імунна система. Помічено, що у містах із забрудненою атмосферою під час епідемії грипу відбувається триразове зростання захворюваності. При цьому в екологічно благополучніших районах при епідемії люди хворіють на грип лише на 20 % частіше.

80-90 % водопровідної води в Україні відповідає санітарним нормам. Навіть якщо ми беремо воду зі свердловини, вона завжди чиста. Хоча якість підземних вод вища, ніж вміст відкритих водойм. Ця вода проходить через пісок, глину, каміння, як через систему фільтрів. Але таке очищення не здатне видалити всі шкідливі речовини. Стічні води промислових підприємств потрапляють у ґрунт, водойми.

Навіть незначна концентрація шкідливих речовин у воді може спричинити катастрофічні наслідки. Шкідливі речовини, відсоток вмісту яких у воді невеликий, потрапляють до організму мешканців водойм, наприклад, планктону. Там вони поступово накопичуються. Їхня концентрація в планктоні значно перевищує вміст домішки у воді. Планктоном харчується риба, а рибу ловить та з'їдає людина, яка знаходиться на верхівці харчового ланцюга. І відсотковий вміст цієї речовини, що потрапив у його тканини, у кілька тисяч разів вище, ніж воно було спочатку у воді.

Упродовж років життя в організмі людини накопичується дуже багато шкідливих елементів. Їх концентрація з часом досягає розмірів, що становлять серйозну небезпеку для його здоров'я та життя.

Чернігівська область, порівняно з іншими регіонами України, достатньо забезпечена запасами водних ресурсів.

Втім, останнім часом спостерігається поступове підвищення вмісту біогенних елементів, яке призводить до евтрофікації вод. У результаті відбувається зменшення видового різноманіття та погіршення якості питної води. Неналежний стан очисних споруд, що спричиняє неповноцінну їхню роботу, здійснює негативний вплив на гідрохімічний стан річок. Найвище навантаження зафіксоване в басейнах річок Білоус, Вздвиг, Іченька, Борзенка, Остер, Удай та Снов. Причиною цьому є застаріле обладнання очисних споруд, їх перезавантаження, зношене обладнання каналізаційних мереж, відсутність повноцінних капітальних та поточних ремонтів.

Порівняно з 2019 роком забір підземної води скоротився на 1,8 млн м³, натомість поверхневої води навпаки збільшився на 7,3 млн м³. Найбільша кількість води використовується для виробничих та господарсько-питних потреб, що становить 65,6 та 25,8 млн м³ відповідно. Найбільшим користувачем підземних вод є Комунальне підприємство «Чернігівводоканал» (м. Чернігів).

За 2020 рік у поверхневі води Чернігівської області скинуто 67,6 млн м³ зворотних (стічних) вод, які надходили із 27 точкових джерел забруднення (рис. 4.2).

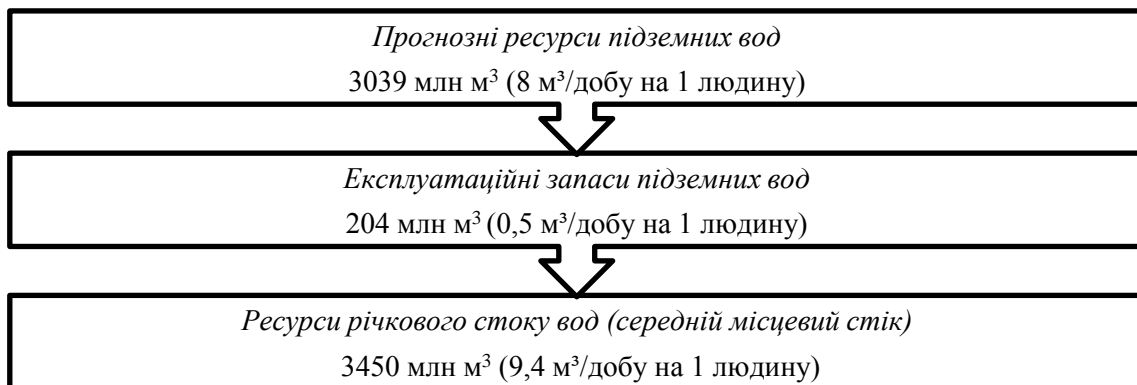


Рис. 4.2. Прогнозні ресурси підземних вод, їх експлуатаційні запаси та ресурси річкового стоку Чернігівської області у 2020 році

Джерело: [4].

У 2020 році населення та галузі економіки Чернігівщини були забезпечені питною та технічною водою в достатньому обсязі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Використання водних ресурсів у Чернігівській області у 2019-2020 році, млн м³

| Показники | 2019 рік | 2020 рік | Абсолютне відхилення (+;-) |
|-----------------------------|----------|----------|----------------------------|
| Загальний обсяг забору води | 101,5 | 107,0 | +5,5 |
| У т. ч. підземної | 43,8 | 42,0 | -1,8 |
| поверхневої | 57,7 | 65,0 | +7,3 |

Джерело: [4].

На рис. 4.3 зображено об'єм скинутих стічних вод у поверхневі водні об'єкти в розрізі за галузями економіки.

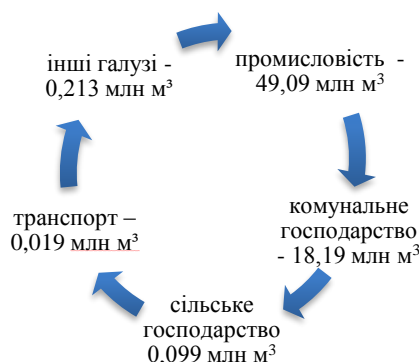


Рис. 4.3. Об'єм скинутих стічних вод у поверхневі водні об'єкти Чернігівської області в розрізі за галузями економіки за даними 2020 р.

Джерело: [4].

Промисловість області найбільше скидає стічних вод у водні об'єкти – 49,09 млн м³, а також значні обсяги припадають на підприємства комунального господарства – 18,19 млн м³. Обсяги скинутих стічних вод від сільського господарства, транспорту та інших галузей незначні та становлять 0,099 млн м³, 0,019 млн м³ та 0,213 млн м³ відповідно.

Зважаючи на це, стає зрозумілим, що якість води істотно залежить від ступеня очищення стічних вод.



Рис. 4.4. Класифікація категорій стічних вод за категоріями якості скинутої води

Джерело: складено авторами за [5].

Скиди стічних вод у Чернігівській області за категоріями якості розподілились наступним чином (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Обсяги та структура скидів стічних вод за категоріями якості в Чернігівській області за даними 2020 року

| Стічні води за категоріями якості | Обсяги скидів, млн м ³ | Питома вага, % |
|--|-----------------------------------|----------------|
| Нормативно чисті | 48,38 | 72 |
| Нормативно очищені, які пройшли очищення на очисних спорудах | 8,45 | 12 |
| Забруднені стічні води | 10,78 | 16 |

Джерело: складено за даними [4].

Скиди забруднених стічних вод у поверхневі водні об'єкти області становлять 16 % від загального обсягу скидів, що є сигналом для термінового вжиття заходів для можливого зменшення цього показника. Це потребує зважених та конструктивних дій стосовно вивчення можливостей очищення стічних вод.

Недостатня ефективність роботи водоочисних споруд не лише спричиняє погіршення якості води, а й несе загрозу для здоров'я людей, спричиняє захворюваність кишковими інфекціями, гепатитами, збільшує ризик дії на організм людини канцерогенних і мутагенних чинників.

Комунальні стоки із залишками пральних порошків виступають основним джерелом забруднення водойм фосфатами, від добрив у воду надходить 10-30 % фосфору. Негативний вплив фосфатів проявляється в тому, що вони сприяють масовому розвитку водоростей у водоймах, у результаті чого вода стає непридатною для використання людиною. У результаті відмирання водоростей у водоймах відбуваються процеси гниття. Бактерії, які окислюють органічні сполуки, активно споживають розчинений у воді кисень, а це спричиняє кисневе голодування, загибель риби та іншої фауни у водоймах.

Тому процес очищення річкової води з високим вмістом фосфатів вимагає більшої кількості реагентів та витрат електроенергії. При очищенні стічних вод – призводить до погіршення якості очищення стоків у результаті загибелі бактерій активного мулу, які перероблюють стоки на чисту воду.

При недостатньому очищенні води фосфати потрапляють в організм людини, що спричиняє знежирення шкірного покриву, може викликати прояви алергічних реакцій.

Якість питної води є запорукою довголіття, а тому необхідно приділяти велику увагу екології та технологіям очищення питної води. Експертами ВООЗ з'ясовано, що майже 80 % інфекційних захворювань у світі спричиняються вживанням неякісної питної води та недотриманням санітарно-гігієнічних норм водопостачання.

Вживання неякісної питної води може викликає у 25 % населення збільшення захворювань серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, ендокринних та алергічних захворювань, новоутворень, водно-нітратної метгемоглобінемії, флюорози, отруєння токсинами синьо-зелених водоростей тощо.

Крім того, на основі даних Центрів з контролю і профілактики захворювань Міністерства охорони здоров'я США, Україна входить до країн із найбільш небезпечною і несмачною водопровідною водою. Оцінки Всесвітнього фонду природи свідчать про те, що Україна не докладає належних зусиль для вирішення проблем дефіциту та зниження якості прісної води.

Майже на третині території країни (27 %) можливі негативні наслідки повеней та паводків, які є причиною 70 % усіх смертей у результаті стихійних лих [6].

Якість води в багатьох регіонах України не відповідає вимогам стандарту на питну воду. Це викликане не лише природними умовами, а й антропогенним забрудненням, недостатнім очищенням стічних вод. В артезіанських водах проявляється підвищений вміст заліза, марганцю, солей, хлоридів, сульфатів, фтору, нітратів тощо.

Результати проведених досліджень підтверджують, що в Україні порівняно з європейськими країнами показник здорового життя набагато нижчий, що зумовлений не лише рівнем, способом життя населення, генетичними чинниками, доступністю медичних послуг, але і якістю водних ресурсів. Оскільки тривалість та якість життя людини залежить від наявності та стану водних ресурсів, то забезпечення населення та галузей національної економіки якісною водою є пріоритетним завданням соціально-економічної політики держави. Для покращення екологічних показників водних ресурсів України необхідно вирішити такі завдання: зменшити рівень забруднення стічних вод шляхом реконструкції і ремонту каналізаційних мереж і споруд, використання сучасних технологій очищення води; сприяти на державному рівні формуванню екологічних потреб, що може суттєво зменшити рівень забруднення; створювати програми стимулювання соціальної відповідальності бізнесу за допомогою фінансових, адміністративних важелів.

4.2. Суперечності та тенденції водокористування в Україні

Ощадливе використання водних ресурсів в Україні є стратегічно важливим, але водночас дуже суперечливим питанням, на вирішення якого впливає сукупність різних чинників, зокрема: економічні, політичні та природно-кліматичні обставини в державі. Доступність та наявність необхідної кількості води, насамперед питної, є обов'язковою умовою для забезпечення якісного, здорового життя народонаселення та успішного економічного розвитку держави.

Розробка та реалізація водогосподарської політики в Україні протягом останніх 30 років не ґрунтувалась на необхідності раціоналізації водокористування, збереження екологічної рівноваги гідросистеми країни для життєзабезпечення людини, а також не надавалась оцінка взаємозв'язкам, взаємовпливам водних систем і біорізноманіття.

З одного боку, вода розглядалася і використовувалася тільки як господарський ресурс для промислового й сільськогосподарського виробництва, отримання електроенергії, а також для скидання стічних вод, що зрештою і призвело до вичерпання природно-екологічного потенціалу водних ресурсів [7].

Антропогенне навантаження на природні ресурси з кожним роком нарощується, що зумовлює суттєве забруднення водних об'єктів відходами промисловості та сільського господарства та стає дедалі більш серйозною проблемою. Це створює серйозні проблеми для екосистеми водойм країни. Отже, виникає необхідність дослідження проблем, які супроводжують використання водних ресурсів для потреб населення, промисловості та сільського господарства. До таких ресурсів належать: «... будь-які природні води, що зустрічаються на Землі, незалежно від їхнього стану (наприклад, пара, рідина або тверде тіло), і які потенційно можуть бути використані людиною. З них найбільш доступними для використання ресурсами є води океанів, річок і озер, а також інші доступні водні ресурси включаючи ґрунтові води і глибокі підземні водоносні горизонти, льодовики і постійні снігові поля» [8].

За даними Світового банку [9], більшість країн світу здійснюють екстремальний тиск на водні ресурси. Це відбувається внаслідок низки причин, серед яких: стрімке зростання населення планети та поточна практика водокористування. До 2030 р. це спричинить дефіцит води на 40 % між прогнозованим попитом і доступною пропозицією води. Постійна нестача води, гідрологічна невизначеність і екстремальні погодні явища (повені та посухи) генерують найбільші ризики для глобального процвітання, оскільки дефіцит води посилює нестабільність, сприяє міждержавним та етнічним конфліктам.

До 2050 року прогнозується зростання населення планети до 10 млрд людей. Це висуває на перший план необхідність їх продовольчого забезпечення та зумовлює нарощення сільськогосподарського виробництва на 50 %, що своєю чергою вимагає збільшення водоспоживання на 15 % (водоємність сільського господарства становить 70 % ресурсів). Крім проблеми дефіциту в багатьох країнах світу, слід нагадати про зростаючий попит на цей ресурс. Оцінки свідчать, що понад 40 % населення Землі мають проблеми з доступністю води, а до 2040 р. кожна четверта дитина житиме в районах з екстремальною нестачею води. Водна безпека є серйозною – і часто зростаючою – проблемою для багатьох країн сьогодні.

Відповідно цілей сталого розвитку доступність водних ресурсів для населення України характеризується такими цифрами (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Частка сільського та міського населення, яке має доступ до централізованого водопостачання

| Населення | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Сільське населення, % (цільовий орієнтир, встановлений на 2020 рік, – 20,0) | 25,0 | 29,0 | 30,0 | 30,1 | 26,0 | 27,0 |
| Міське населення, % (цільовий орієнтир, встановлений на 2020 рік, – 90,0) | 99,0 | 99,0 | 99,3 | 99,2 | 89,5 | 99,0 |

Джерело: Міністерство розвитку громад та територій України.

За даними Державної служби статистики, в Україні спостерігається один з найнижчих показників водних ресурсів на душу населення у Європі. Лише 1,8 тис. куб. м води на рік припадає на кожного жителя нашої країни, що суттєво менше, ніж у середньому по Європі. При цьому, водокористування в нашій країні

характеризується надмірністю споживання та недостатнім рівнем збору та очищення стічних вод. Також слід вказати на те, що більшість сільського населення мають ускладнений доступ до води.

Негативно на якісні та кількісні характеристики водних ресурсів впливає трансформація кліматичних умов, зміни у кругообігу гідrorесурсів, що в свою чергу спричиняє збільшення частоти та інтенсивність повеней і посух. Таким чином, для вирішення проблем, якими характеризується водокористування в нашій країні, важливо змінити підходи до управління водними ресурсами та модернізувати систему надання супутніх послуг. Саме від раціонального менеджменту процесів гідrorесурсування залежать перспективи сталого економічного та соціального розвитку України в середньостроковому та довгостроковому періодах.

Менеджмент використання водних ресурсів передбачає вирішення таких завдань:

- забезпечення безперервного доступу до якісних джерел водних ресурсів через створення дієвих економіко-організаційних механізмів;
- запровадження вдосконалених нормативів щодо скидання стічних вод, заборона скидання неочищених та недостатньо очищених стічних вод;
- запровадження сучасних технологій очищення стічних вод;
- стимулювати використання водних ресурсів як відновлювальних джерел енергії;
- створення фінансових механізмів стимулювання раціонального водокористування;
- розробка та прикладна реалізація інноваційних технологій водокористування з дотриманням принципів сталого розвитку;
- пошук інвестицій у водопостачання та системи очищення води;
- реалізація програм збереженню та відновленню водних ресурсів;
- створення та запровадження нових систем моніторингу використання водних ресурсів у розрізі всіх споживачів гідrorесурсів;
- популяризація участі громадян у збереженні водних ресурсів та екологічному способі життя;
- покращення здоров'я народонаселення, тривалості його життя та соціально-економічних умов проживання на основі вдосконалення системи водокористування.

Управління використанням водними ресурсами має реалізовуватись за допомогою відповідного механізму та включати наступні складові частини: аналіз, прогнозування, організація, стимулювання, у тому числі виробничого та інноваційного розвитку, моніторинг та контроль (рис. 4.5).

У цьому контексті, актуалізується потреба аналітичних досліджень стану гідrorесурсів країни для того що вдосконалити менеджмент водокористування в умовах нестачі гідrorесурсів, зростаючого попиту, нарощення економічної та політичної турбулентності, збільшення частоти деструктивних погодних явищ, наявності проблем фрагментації.

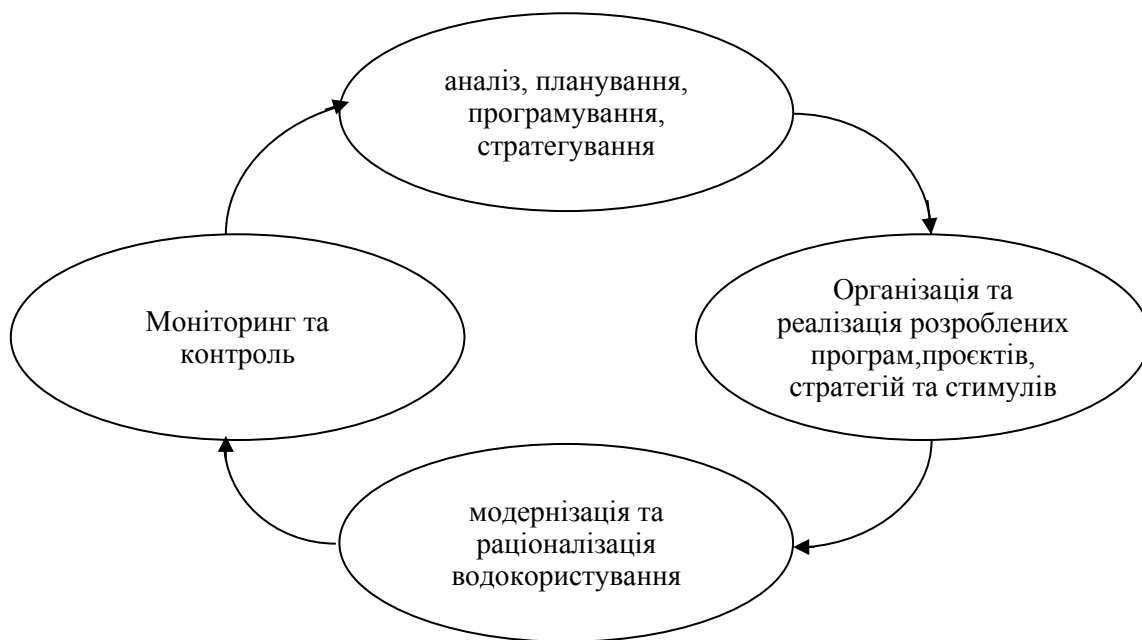


Рис. 4.5. Декомпозиція складових компонентів процесами управління водокористуванням

Джерело: побудовано авторами.

За рівнем раціонального використання водних ресурсів та якості води, зокрема наявністю очисних споруд, Україна, за даними ЮНЕСКО, серед 122 країн світу посідає 95-е місце і належить до країн з невисокою водозабезпеченістю та високим рівнем використання води. Також Україна є однією з найменш водозабезпечених країн Європи. Водні об'єкти України вкривають 24,2 тис. км², що становить 4,0 % від її загальної території (603,7 тис. км²) [10].

До цих об'єктів належать:

1. Поверхневі води:

- природні водойми (озера);
- водотоки (річки, струмки);
- штучні водойми (водосховища, ставки) і канали;
- інші водні об'єкти;

2. Підземні води та джерела;

3. Внутрішні морські води та територіальне море.

За значенням водні ресурси розподіляють на об'єкти загальнодержавного та місцевого значення. До водних об'єктів загальнодержавного значення належать:

- внутрішні морські води та територіальне море;
- підземні води, які є джерелом централізованого водопостачання;
- поверхневі води (озера, водосховища, річки, канали), що знаходяться і використовуються на території більш як однієї області, а також їхні притоки всіх порядків;
- водні об'єкти в межах територій природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, а також віднесені до категорії лікувальних.

До водних об'єктів місцевого значення належать:

- поверхневі води, що знаходяться і використовуються в межах однієї області і які не віднесені до водних об'єктів загальнодержавного значення;
- підземні води, які не можуть бути джерелом централізованого водопостачання [10].

Питома забезпеченість річковим стоком в Україні – близько 1 тис. м³ на особу в рік, що у 2,5 раза нижче, ніж у Німеччині та Швеції, у 3,5 раза – ніж у Франції та у 5 разів – ніж в Англії. В Україні нема великих природних водойм і небагаті запаси підземних вод, а болота, що були природним регулятором водності річок, нині наполовину осушені [11].

Територія України має не дуже густу річкову мережу (середнє значення — 0,34 км/км²). Отже, водні природні ресурси України – це насамперед місцевий і транзитний стік річок, водні запаси озер, штучних водойм і підземних горизонтів [7] (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Водні ресурси України складаються з ресурсів поверхневих та підземних вод

| Вид ресурсів | Водні ресурси в роки за водністю км ³ | |
|--|--|-----------------|
| | середній | дуже маловодний |
| Приток транзитного річкового стоку | 157,4*/37,3** | 121,7*/26,2 |
| Місцевий річковий сток | 52,4 | 29,7 |
| Загальні ресурси річкового стоку | 209,8/87,1 | 151,4/55,9 |
| Прогнозні ресурси підземних вод | 22,5 | 22,5 |
| У тому числі гідравлічно не зв'язані з поверхневим стоком | 7,0 | 7,0 |
| Загальні ресурси прісних вод | 216,8/94,1 | 158,4/62,9 |
| * - у тому числі 122,7 і 95,5 км ³ по Кілійському гирлу р. Дунай; | | |
| ** - без врахування р. Дунай. | | |

Джерело: на основі даних [12].

Серед переліку європейських країн Україна займає одне з останніх місць за показниками, що характеризують забезпеченість власними водними ресурсами, зокрема: одна тисяча кубометрів місцевого стоку на одного жителя. Водночас у таких країнах, як Канада вказаний показник дорівнює 94,3 тис. куб. м, США – 7,4 тис. куб. м, Німеччина – 1,9 тис. куб. м.

Також слід вказати на значну диференціацію показника забезпеченості місцевими водними ресурсами в розрізі окремих адміністративно-територіальних утворень, який може варіюватися від 0,14 км³/рік у Херсонській області до 7,92 км³/рік – у Закарпатській. Відповідно, цей фактор впливає на розміщення водомістких господарських комплексів. Зрозуміло, що це не єдиний фактор, який впливає на територіальну організацію продуктивних сил, але його дія суттєво не змінюється з технологічним розвитком, а іноді навіть підсилюється (наприклад, з розвитком сільського господарства).

Середній показник величини місцевого стоку України дорівнює 52,4 км³/рік, який може змінюватись з 52,4 км³/рік у середньоводні роки до 37,3 км³/рік у маловодні роки і до 29,7 км³/рік у дуже маловодні роки.

З метою покращення рівня водозабезпечення регіонів України, що характеризуються дефіцитом водних ресурсів, збудовано більш ніж 1160 водосховищ. Їхній загальний об'єм становить близько 55 км³.

Суттєвою за розміром є мережа магістральних каналів (більше ніж 1,0 тис. км) і водоводів (більше ніж 2,0 тис. км). Така мережа допомагає функціонувати механізму перерозподілу води по території України, відповідно 3 і 12 км³ кожного року.

Внесення відповідних змін в організацію основних водотоків України створило передумови для перерозподілу стоку, та дозволило задовольнити потреби всіх груп споживачів водних ресурсів. Водночас це зумовило трансформацію річок на суттєво змінені водні об'єкти, стан яких не відповідає екологічним стандартам та характеризується низьким потенціалом до самовідновлення. Зазначимо, що здатність водних об'єктів до самоочищення має тенденцію до погіршення внаслідок кліматичних змін та зменшення обсягів річкового стоку.

Статистичні дані свідчать (табл. 4.5) про збільшення інтенсивності водокористування, котре супроводжується їх виснаженням та забрудненням. Також, як ми вже зазначили, забезпечення водними ресурсами різних регіонів України, а отже і використання гідроресурсів визначається нерівномірністю в межах різних адміністративно територіальних утворень країни.

Основними джерелами забруднення і засмічення водойм є [13]:

- стічні води промислових підприємств;
- побутові стічні води;
- сільськогосподарські стоки;
- засмічення твердими відходами;
- викиди водного, залізничного та автомобільного транспорту;
- витоки та розливи нафти;
- хімічне та радіоактивне забруднення тощо.

Таблиця 4.5 – Інформація щодо використання води в Україні за даними державного обліку водокористування

| Показники | 2019 р.* | 2020 р.* | +/- до 2019 р. |
|---|----------|----------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Забір води з природних джерел, млн м³: | | | |
| - всього | 11111 | 9952 | -1159 |
| - у тому числі прісної води | 10596 | 9459 | -1137 |
| - у тому числі з підземних водних джерел (вкл. шахтно-кар'єрні) | 1157 | 972,2 | -184,8 |
| - у тому числі морської води | 497,2 | 476,84 | -20,36 |
| 2. Забезпечення валових потреб у воді у відсотках за рахунок | | | |
| - забору прісних вод з поверхневих джерел | 84,95 | 85,28 | +0,33 |
| - забору вод з підземних джерел | 10,41 | 9,77 | -0,64 |
| - у тому числі забору шахтно-кар'єрних вод | 2,86 | 2,43 | -0,43 |
| - забору морської води | 4,47 | 4,79 | +0,32 |
| - використання води в оборотних та повторно-послідовних системах | 306,67 | 356,03 | +49,36 |

Закінчення табл. 4.5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---------|----------|-----------|
| 3. Використано води всього, млн м³: | | | |
| - на питні та санітарно-гігієнічні потреби | 1148 | 1168,86 | +20,86 |
| - на виробничі потреби | 4723 | 4054,56 | -668,44 |
| - на зрошення | 1343 | 1452,63 | + 109,63 |
| - на сільськогосподарське водопостачання | 76,65 | 23,84 | -52,81 |
| 4. Використано підземних вод: | | | |
| - у тис.м ³ /добу | 1966,58 | 1686,82 | -279,75 |
| - у відсотках від забору підземних вод | 62,04 | 63,33 | + 1,29 |
| 5. У тому числі використано підземних вод, тис. м³/добу | | | |
| - на питні та санітарно-гігієнічні потреби | 1211,78 | 1106,19 | -105,59 |
| - на виробничі потреби | 500,82 | 458,88 | -41,95 |
| - на зрошення | 19,53 | 21,97 | +2,45 |
| - на сільськогосподарське водопостачання | 193,21 | 55,12 | -138,08 |
| 6. Використано підземних вод, млн м³: | | | |
| - на питні та санітарно-гігієнічні потреби | 442,3 | 403,76 | -38,54 |
| - на виробничі потреби | 182,8 | 167,49 | -15,31 |
| - на зрошення | 7,13 | 8,02 | +0,893 |
| - на сільськогосподарське водопостачання | 70,52 | 20,12 | -50,4 |
| 7. Скинуто підземних вод без використання (шахтно- кар'єрних): | | | |
| - у тис.м ³ /добу | 620,27 | 524,56 | -95,72 |
| - у відсотках від забору підземних вод | 19,57 | 19,69 | +0,12 |
| 8. Використано стічних вод, млн м³ | 337,8 | 537,85 | +200,05 |
| 9. Використано колекторно-дренажних вод, млн м³ | 90,44 | 47,14 | -43,30 |
| 10. Оборотно та повторно - послідовне водозабезпечення, млн м³ | 34074 | 35432,39 | + 1358,39 |

Джерело: на основі даних [7; 12].

Серед всіх груп споживачів, найбільша питома вага використаних водних ресурсів припадає на промисловість, а саме 48 % від загального обсягу споживання (електроенергетика, металургія, хімічна промисловість), наступним за рівне водозатратності є сільське господарство, водоемність якого від загального обсягу становить 40 %. І лише 12 % використовується для покриття потреб житлово-комунального господарства. Таким чином, система водного господарства описується високими обсягами залучення водних ресурсів у сферу виробництва промислової та сільськогосподарської продукції. Підприємства металургії, вугільної промисловості, енергетики, лісохімічної промисловості, агропромислової сфери та житлово-комунальне господарство є найбільшими джерелами забруднення водних фондів країни.

Скорочення обсягів забору води на тлі зростання скидання забруднених вод спричинили невідповідність розвитку водопровідних та каналізаційних мереж. Спостерігається нарощення інтенсивності забруднення підземних водоносних горизонтів. Так, кількість осередків їх забруднення за останні десятиліття збільшилася у понад 4 рази. Отже, можна зробити висновок про те, що на перший план у водокористуванні виходить проблема забруднення водних об'єктів

шкідливими речовинами, які містяться у стічних водах через їх недостатнє очищення. Це відбувається, головним чином, через моральне та фізичне старіння основних фондів, які використовуються для водозабезпечення. Очисні споруди вимагають суттєвого технологічного оновлення та модернізації, це дозволить задовольнити водоохоронні потреби та підняти продуктивність таких споруд. Це буде сприяти вирішенню питань, пов'язаних із необхідністю забезпечення реалізації функцій водних систем до самовідновлення. Разом з цим, воєнна агресія з боку Росії тільки посилить рівень забруднення водних фондів України та їх подальшу деградацію, оскільки на окупованих територіях та тих, що перебувають в зоні активних бойових дій відбувається неконтрольований водозабір, руйнування водної інфраструктури, пошкодження каналізаційних та очисних споруд тощо.

Дослідження особливостей та проблем надання міських послуг водопостачання в низці країн, на території яких відбувались воєнні конфлікти, дали змогу Дж. Пінеру виокремити три стадії занепаду [14]:

- обмеження здатності комунальному водоканальному підприємству надійно забезпечувати воду достатньої кількості та якості;

- погане надання послуг призводить до того, що комунальне підприємство втрачає довіру та авторитет щодо своїх клієнтів та адміністрації, що потенційно спонукає клієнтів утримувати платежі, поки не буде відновлено задовільний рівень обслуговування;

- без доходу від своїх клієнтів комунальне підприємство більше не є фінансово самодостатнім і потребує скорочення чи зниження зарплат, або стає залежним від зовнішньої фінансової підтримки.

Якщо не створювати механізми протидії розвитку виявлених суперечностей, то дефіцит води з наступними періодами буде тільки зростати і через 30 років Україна може постати перед необхідністю імпорту водних ресурсів, що буде генерувати значні ризики не тільки для водної та екологічної безпеки, а й для продовольчої безпеки та національного суверенітету загалом. Україна задекларувала свої наміри щодо реалізації принципів сталого розвитку, За таких реалій необхідним є здійснення сукупності дій, спрямованих на суттєве зменшення деструктивного антропогенного впливу діяльності господарюючих суб'єктів на екосистему країни і здоров'я народонаселення. Задля вказаних цілей національна водна стратегія Україні має бути доопрацьована та удосконалена відповідно до стандартів ЄЕС, СОТ, враховувати принципи екологоорієнтованого економічного розвитку, необхідність активізації водоохоронної діяльності. Зазначимо, що в Україні діють Водний кодекс України, Закони «Про меліорацію земель», «Про питну воду та питне водопостачання», «Про охорону навколишнього природного середовища» та інші, які створюють правове підґрунтя для використання, збереження водних фондів країни для забезпечення необхідною кількістю та якістю води побутових потреб суспільства та економіки. З метою покращення ситуації з водокористуванням в Україні влада повинна привести наявне правове поле у відповідність з цілями сталого використання водних фондів країни.

4.3. Стратегічні вектори розвитку фінансових та інформаційних технологій для створення необхідних стимулів для запровадження принципів екологічної безпеки й раціонального водокористування

Питання раціонального водокористування особливо важливо для України в силу найнижчого рівня забезпеченості водними ресурсами з-поміж європейських країн. Глобалізаційні, екологічні, економічні чинники існування людства нині загострюють проблему обмеженості водних ресурсів.

За даними ООН, на сьогодні є очевидна проблема забезпечення населення водою. Нині одна третина жителів Землі, а це 2,2 млрд осіб, не мають доступу до безпечної питної води. А до 2050 року майже 5,7 млрд людей проживатимуть у районах, у яких нестача прісної води відчуватиметься мінімум один місяць на рік [15]. Україна за показником забезпеченості водними ресурсами серед 20 європейських країн посідає аж 17-е місце (за даними 2014 р.). Прогнози на майбутнє теж не дуже оптимістичні, адже численні дослідження говорять про значний негативний вплив зміни клімату на водні ресурси України. Дослідження свідчать, що у період 2031–2050 рр. зменшення водних ресурсів на півдні України може досягнути 60–70 %, а на півночі – до -30–40 % [16]. До негативного впливу змін клімату, людської економічної та побутової діяльності слід додати воєнну агресію з боку Росії, оскільки військові дії спричиняють руйнацію інфраструктури вітчизняної гідросистеми та забруднення водних фондів України.

Очевидно, що економічний розвиток буде уповільнюватись унаслідок нестачі води, а запровадження водоощадних технологій стане визначальною умовою економічного поступу. У контексті окресленої проблеми особливої актуальності набуває пошук нових та удосконалення наявних інструментів впливу держави на активне поширення ощадливих та екологічно безпечних підходів до водокористування. Тобто головним завданням є створення таких умов, які б стимулювали дбайливе ставлення до водних ресурсів у процесі реалізації виробничої функції, забезпечували диверсифікацію джерел фінансування водоохоронних заходів за рахунок власних, залучених та позичених коштів. Водокористування для досягнення максимально позитивного ефекту населення, суб'єктів господарювання у короткостроковому, середньостроковому та довгостроковому періоді повинно спиратись на науково обґрунтоване використання водних ресурсів з дотриманням вимог природоохоронного і водного законодавства. Держава при цьому має створити умови правового, організаційного та економічного характеру з використанням різноманітних форм, методів та інструментів впливу на фактори водокористування, зменшення потенційних ризиків для споживачів водних ресурсів, що можуть виникнути у результаті: антропогенного забруднення; атмосферного забруднення повітря; дифузне забруднення (у результаті поверхневого змиву при випаданні дощів та/або сніготанення з майданчиків промислових підприємств, об'єктів будівництва та транспортної інфраструктури, ділянок видобутку корисних копалин, місця складування відходів тощо) [17].

Екологічно безпечне та економічно раціональне водокористування є необхідною підвалиною зростання економіки держави та вирішальним чинником забезпечення її суспільного добробуту.

Еколого-економічна безпека водокористування в державі ґрунтується на виявленні екологічних загроз та чинників, які чинять негативний вплив на якісні та кількісні характеристики водних ресурсів, безперервний аналіз стану гідросистеми, розробка та реалізація водної політики держави.

Серед низки проблем водокористування в Україні ключовими є такі: суттєве антропогенне навантаження, що негативно впливає на здатність таких ресурсів до самовідтворення; відсутність дієвих важелів для створення стимулів щодо раціонального гідрокористування в розрізі всіх груп споживачів; брак інноваційних технологій використання водних ресурсів; нерозвинутість культури економічного водокористування всіх груп споживачів; техніко-технологічно відстале оснащення водомістких виробництв; необхідність впровадження ефективного обліково-інформаційного забезпечення водокористування.

Наявні проблеми використання водних ресурсів країни обтяжуються руйнацією інфраструктури вітчизняної гідросистеми через військові дії в Україні. Очевидно, що потрібно змінювати підходи до промислового та побутового водокористування, пріоритетністю яких має стати цілеорієнтованість на широке запровадження принципів екологічної безпеки та раціональності, захисту навколишнього середовища.

Реалізація сукупності заходів, спрямованих на модернізацію гідросистеми країни та технологій водокористування вимагає відповідного фінансового забезпечення. Можна виділити наступні компоненти фінансового забезпечення еколого-економічної безпеки водокористування (рис. 4.6).

При цьому необхідно інтенсифікувати використання важелі прямої дії (правове регулювання, адміністративний, економічний вплив), а також непрямой дії при проведенні фінансових, податкових, бюджетних, грошово-кредитних заходів.

Зменшення рівня антропогенного забруднення водних ресурсів є важливим чинником збереження трудового потенціалу населення в частині зменшення рівня захворюваності, смертності населення [18]. Тільки запровадження технологій раціонального гідрокористування сприятиме економічному розвитку та дозволить подолати наслідки дефіциту води.

Раціональне водокористування має базуватись на безстичному водокористуванні, усунення необґрунтованих втрат води, ощадливості у зрошенні культур, розмежування систем питного і технічного водопостачання, підвищення культури водокористування, енергозбереженні тощо.

Побудова водоочисних споруд суб'єктами господарювання, створення замкнутого циклу водоспоживання на підприємствах можливо за умови використання таких методів, як: використання ефективної амортизаційної політики; оптимальних податкових зобов'язань за використання водних ресурсів; диверсифікація залучення власних фінансових ресурсів, цільових інвестицій.

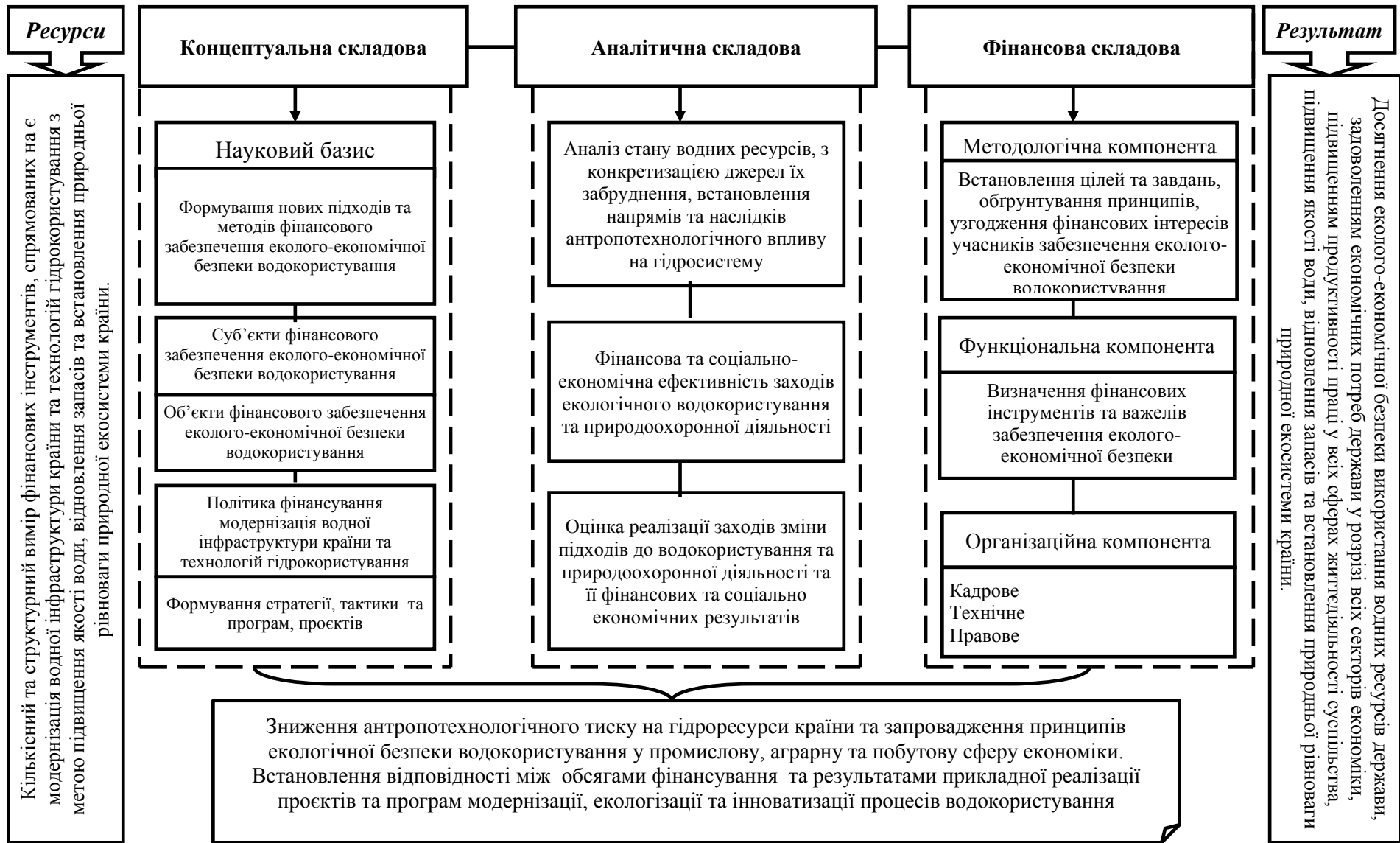


Рис. 4.6. Графічне представлення концептуальної моделі фінансового забезпечення еколого-економічної безпеки водокористування

Джерело: складено авторами.

Масштаб цілей та завдань раціонального та екологічно збалансованого водокористування вимагає розробки та реалізації сукупності заходів, які б забезпечили їх досягнення. Задля системного вирішення поставлених завдань пропонуємо комплексно застосовувати широкий перелік інструментів регулювання та впливу, зокрема: виробничі, фінансові, кредитні, страхові, податкові, інвестиційні тощо (рис. 4.7).

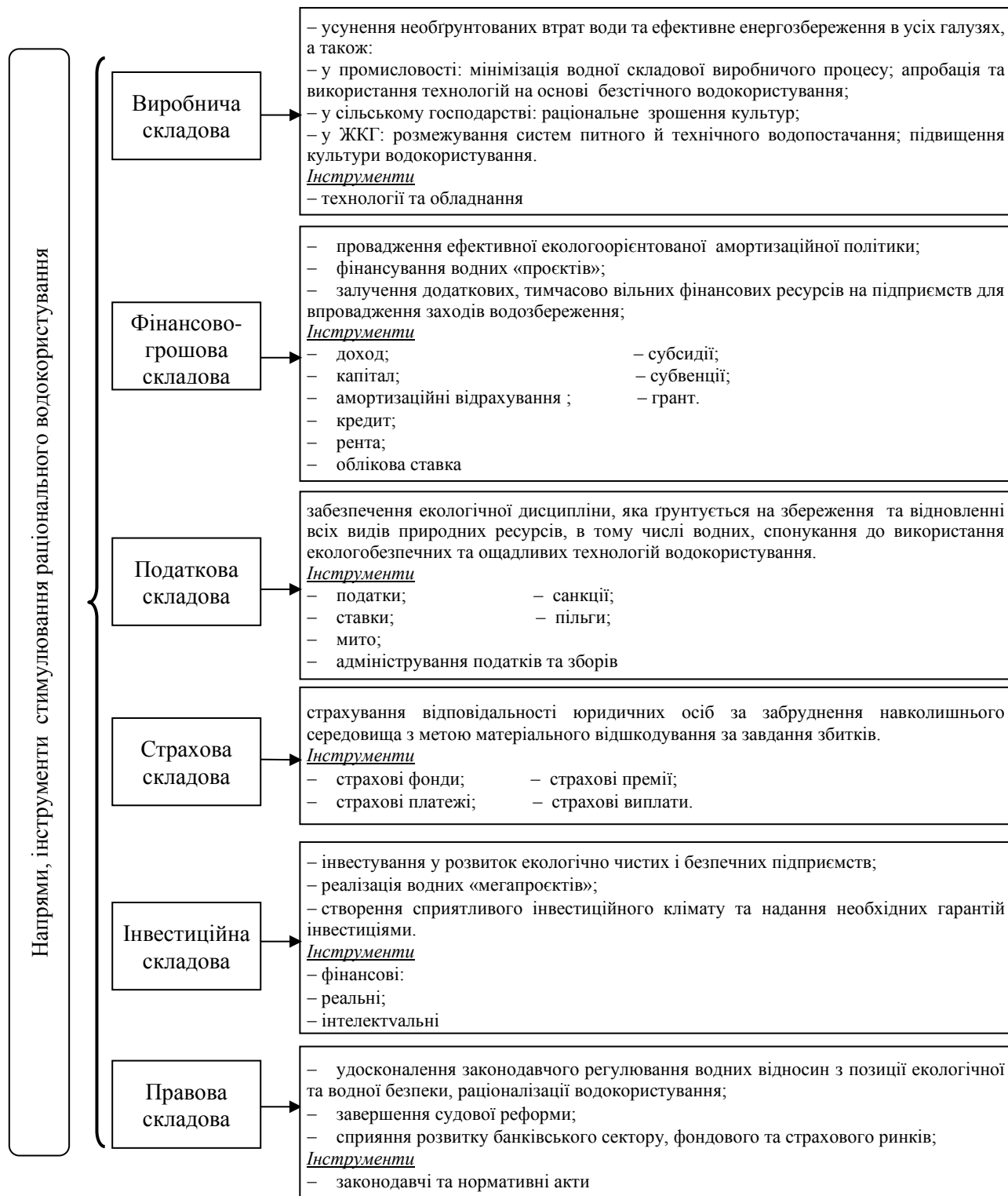


Рис. 4.7. Напрями та інструменти стимулювання раціонального водокористування

Джерело: складено авторами.

Сукупна дія окреслених інструментів та механізмів дозволить запуснути процеси оновлення та модернізації водної інфраструктури країни, і тим самим, сприятиме ощадливому використанню та відновленню водних фондів країни. Широкий перелік цих інструментів передбачає широку варіативність їх поєднання, а отже, є гнучкою та має потенціал до швидкої адаптації до змін цільових орієнтирів та завдань.

Зазначимо, що стратегічними імперативами водокористування з позиції раціоналізації та екологізації є наступні:

- формування умов для забезпечення водної безпеки країни;
- розвиток водної інфраструктури країни;
- зменшення антропогенного навантаження на водні фонди країни, їх збереження та відновлення;
- ощадливе та екологоорієнтоване водоспоживання;
- нейтралізація екологічних ризиків та скорочення пов'язаних з ними екологічних втрат;
- запобігання екологічним кризам у майбутньому;
- моніторинг та контроль стану та змін водних ресурсів держави;
- покращення стану здоров'я населення;
- розвиток екологічного мислення та культури у населення.

Також для раціонального водокористування необхідно активізувати використання таких економічних інструментів, як тарифи, субсидії, заходи державної підтримки, гранти технічної допомоги, кредити тощо.

Участь держави у фінансовому стимулюванні прийняття інвестором рішення щодо вкладання коштів у водоохоронні заходи може передбачати такі методи, як бюджетне, венчурне фінансування, субсидування, фінансове забезпечення державних програм, надання грантів, майна в оренду на пільгових умовах. Так, зазначені інструменти можуть зменшити кількість техногенних відкладень, які формуються під час експлуатації промислових та господарських об'єктів (промислово-побутові відходи, відвали з гірничих виробок та кар'єрів тощо).

Непряма участь держави у стимулюванні раціонального водокористування, збільшення водоочисних заходів (податковим стимулюванням, а також з наданням державних гарантій) полягає у створенні сприятливих економічних умов, що сприяє вивільненню фінансових ресурсів.

Зменшення податкової ставки призводить до збільшення величини власних обігових коштів, прибутку, а у кінцевому підсумку – на потенційну можливість вкладати кошти в водоохоронні заходи [21].

Також екологічне страхування слід розглядати як дієвий механізм забезпечення екологічнобезпечного використання водних ресурсів країни та як необхідну умову екологозбалансованого розвитку вітчизняної економіки, що дозволить формувати достатній обсяг фінансових ресурсів для реалізації державної політики з охорони та відновлення всіх видів природних ресурсів та екосистеми загалом. Екологічне страхування дозволить не тільки розширити ресурсні можливості відшкодування збитків внаслідок забруднення навколишнього середовища та гарантувати фінансування заходів з відновлення

його якісних характеристик, а і сприятиме формуванню екологічної відповідальності у всіх груп споживачів природних ресурсів, яких вдалося включити до кола власників полісів страхування екологічних ризиків та відповідальності. Безумовно, поширення екологічного страхування потребує внесення відповідних змін у вітчизняну законодавчу базу, які б дали можливість наблизити національне природоохоронне законодавство та політику гідрокористування до відповідних норм країн Європейського Союзу.

Водночас такі зміни законодавства мають враховувати вітчизняні реалії, а не бути автоматичним копіюванням правових норм країн Європейського Союзу, оскільки замість позитивного результату від запровадження екологічного страхування можна отримати уповільнення економічного розвитку підприємств окремих видів економічної діяльності через неготовність останніх дотримуватись нових еколого-правових вимог.

Актуальними інструментами впливу на раціональне водокористування грошово-кредитної політики держави є: процентна політика; політика обов'язкових резервів; операції на відкритому ринку; політика рефінансування; курсова політика. При збільшенні норми обов'язкових резервів збільшуються резерви банків, які потенційно можуть бути направлені на кредитування побудови водоочисних споруд. Варто зазначити, що дієвість грошово-кредитних інструментів залежить від стабільності на грошово-кредитному ринку, зокрема від рівня захисту вкладів, депозитів [22].

Запровадження державно-приватного партнерства у сфері раціонального водокористування дає можливість при укладанні: контрактів між державними органами та приватними компаніями на здійснення певних видів діяльності; договорів оренди і лізингу; формуванні концесійних відносин конкретизувати вимоги до приватних водокористувачів в частині мінімізації скидів у водотоки сторонніх нерозчинних предметів, зменшення забруднення підземних ґрунтових вод трубопроводами, шахтними та кар'єрними водами, териконами, заправними станціями, розвідувальним та експлуатаційним бурінням, видобутком нафти та газу, утилізацією органічних, техногенними відкладеннями, які формуються під час експлуатації промислових та господарських об'єктів тощо.

Для інкорпорації у процеси гідрокористування принципів ощадливості, екологічної безпеки та економічної ефективності необхідним є консолідоване використання широкої варіативності інституційних інструментів, зокрема законодавча та нормативна база, ціноутворення на воду тощо. Запровадження нових інформаційних технологій, особливо для модернізації систем моніторингу водних ресурсів, прийняття рішень в умовах турбулентності, формування аналітичних висновків, гідрометеорологічного прогнозування.

Особливу увагу необхідно приділити пошуку можливостей розширення інструментів інвестування в інноваційні технології для реалізації водних проєктів, які враховують пріоритетність збереження та захисту водних ресурсів, поповнення та відновлення водоносного горизонту, використання нетрадиційних джерел води. Усе це сприятиме забезпеченню водної безпеки як необхідної основи національного суверенітету.

Вода є надзвичайно цінним ресурсом, підходи до використання якого визначають можливості та перспективи економічного розвитку країни та її суспільного добробуту. Екологічне регулювання стало загальносвітовою тенденцією, що, в свою чергу, вимагає використання широкого переліку фінансово-кредитних інструментів та стимулів для зниження антропотехнологічного тиску на гідроресурси країни та відновлення її гідросистеми. Комплексна реалізація окресленого в статті інструментарію дозволить створити необхідні умови для раціонального та екологічнобезпечного використання водних ресурсів в Україні. Ощадливе освоєння природного потенціалу та підвищення ефективності гідрокористування сприятиме нарощенню конкурентних переваг країни у глобальному економічному середовищі.

4.4. Варіативність впровадження ефективних фінансових інструментів для покриття заподіяної шкоди у процесі водокористування

Екстремальні екологічні явища супроводжували весь шлях розвитку людської цивілізації. При цьому негативні наслідки від них в умовах динамічного економічного розвитку навіть більші ніж раніше, оскільки в місцях зосередження суб'єктів економічної діяльності спостерігається посилення щільності населення. Відповідно, рівень та якість життя людей, можливості соціально-економічного розвитку безпосередньо залежать від ефективності функціонування водної інфраструктури, відповідних комунікаційних мереж, очисних споруд тощо.

Так, за оцінками міжнародної Мережі екологізації (озеленення) фінансової системи (The Network for Greening the Financial System, NGFS), учасниками якої є майже 100 центральних банків, у тому числі Національний банк України, і наглядових установ, світ нині перебуває на критичному етапі, коли необхідно обрати один із двох шляхів розвитку господарської діяльності:

- успішний перехід до чистих (із нульовим рівнем парникових газів) викидів до 2050 року;
- прямування до посилення парникового ефекту та глобального потепління на 3 °C та більше до 2100 року з усіма негативними наслідками [23].

Відповідно, стан, обсяги та доступність водних ресурсів буде напряму залежати від обраного напряму розвитку господарської діяльності.

Еколого-економічна безпека водокористування включає:

- встановлення груп ризиків безпеки і загроз, які можуть зумовити суттєве погіршення кількісних та якісних характеристик водних ресурсів;
- здійснення та вдосконалення підходів до моніторингових спостережень за станом водних ресурсів;
- розробка та реалізація соціально економічної політики з огляду на необхідність дотримання екологічних пріоритетів водокористування.

Всі компоненти фінансового забезпечення розбудови водної інфраструктури та відновлення водних фондів країни мають бути гармонізовані з критеріями екологічної та економічної безпеки використання водних ресурсів країни.

Дотримання принципів та цілей сталого розвитку повинно стати пріоритетним заданням у розробці програм та стратегій водокористування та охорони водного середовища, що, у свою чергу, буде сприяти тривалому економічному зростанню за рахунок зниження сили дії ресурсних факторів впливу та економічно раціонального й ощадливого споживання водних фондів країни. Розуміння змісту сталого розвитку ґрунтується на консолідованому врахуванні його екологічних, соціальних, економічних та управлінських цілей. Прийнято виокремлювати декілька рівнів сталого розвитку [24]:

- у широкому розумінні – включає екологічний, соціальний, економічний та управлінський фактори;

- у вузькому сенсі – охоплює лише "зелені" фінанси, тобто ті, що стосуються тільки екологічного фактора;

- у ще вузькому сенсі – зосереджене на питаннях, орієнтованих лише на пом'якшення зміни клімату та/або адаптацію до наслідків зміни клімату.

Екологічні цілі, на які країни повинні орієнтуватися, щоб досягти сталого інвестування, є такими [25]:

- 1) пом'якшення наслідків зміни клімату;
- 2) адаптація до кліматичних змін;
- 3) стале використання та охорона водних і морських ресурсів;
- 4) перехід до циркулярної (замкненого циклу) економіки;
- 5) запобігання забрудненню та контроль за ним;
- 6) захист і відновлення біорізноманіття та екосистем.

Зазначимо, що у реаліях сьогодення можливості фінансування з боку держави розробки та запровадження водних та водоохоронних проєктів є недостатніми, а отже суттєво ускладненим є вирішення завдань раціоналізації та екологізації водокористування для зниження антропогенного навантаження на водні фонди країни. Коштів, які акумулюються в Україні за допомогою не вистачає на фінансування природоохоронних заходів. Крім того, слід вказати на відсутність, з одного боку, стимулів, а з іншого боку, фінансових можливостей у суб'єктів господарювання для проведення екологічної модернізації.

Так, наприклад, суб'єкти господарювання витрачають значно більші кошти на природоохоронні заходи порівняно з державними коштами в абсолютному значенні. Більш того, на капітальні інвестиції, по суті модернізацію, витрачено 16 256 млн грн, або 37 % всіх витрат підприємств на природоохоронні заходи у 2019 році [25] (рис. 4.8).

Отже, актуалізується пошук ефективних механізмів фінансування, консолідована дія яких дозволить сформулювати необхідний обсяг грошових коштів для реалізації водних проєктів. Ми вбачаємо доцільність використання таких фінансових інструментів, як міжнародні кредити та емісійні цінні папери, зокрема: інфраструктурні облігації, процентні свопи, опціони. Залучення фінансових ресурсів на основі вказаних інструментів розширить можливості реалізації проєктів раціоналізації водокористування, оскільки вони є привабливими не тільки

для суб'єктів, що потребують інвестиційних коштів, а й для інвесторів, оскільки забезпечують отримання у майбутніх періодах грошових потоків від функціонування реалізованого водного проекту. А для держави це можливість вирішити частину завдань сталого розвитку, пов'язаних з екологізацією водокористування, без посилення фінансового тиску на бюджет країни.



Рис. 4.8. Капітальні витрати суб'єктів господарювання на природоохоронні заходи за видами за 2019 р. в Україні

Джерело: [26].

За цих умов, об'єктивною необхідністю є розбудова екологічної фінансової системи, яку ми пропонуємо розглядати через сукупність дій спрямованих на створення ефективних інструментів фінансування для збереження довкілля та реалізацію цілей сталого розвитку. Функціонування такої системи буде спрямовано на прийняття фінансових рішень з оглядом на необхідність дотримуватись принципів екологічної безпеки.

Екологічна фінансова система може включати такі складові:

- зелені інвестиції, які спрямовуються на реалізацію проектів з енергоефективності, альтернативної енергетики, охорони та відновлення довкілля;
- зелене кредитування, передбачає застосування кредитних інструментів для фінансового забезпечення проектів, орієнтованих на досягнення цілей сталого розвитку;
- зелене страхування, спрямоване на захист від наслідків реалізації загроз викликаних зміною клімату.
- зелений банкінг, оновлення банківських продуктів із врахуванням принципів екологічної безпеки.
- зелені податки, запровадження таких екологічних податків, які дозволять сформуванню грошові фонди для забезпечення охорони довкілля та створити стимули для зменшення антропогенного впливу на нього.

Вибір варіативності фінансово-кредитних інструментів та стимулів для зменшення негативних наслідків людської економічної та побутової діяльності для стану гідроресурсів країни та відновлення їх екологічної рівноваги має

ґрунтуватись на виконанні певної логічної послідовності прийняття фінансово-управлінських рішень. Згаданий процес може бути репрезентований такими етапами:

- 1) вибір стратегічних цілей;
- 2) моніторингу стану водних ресурсів;
- 3) створення програм та проєктів, спрямованих на вирішення поставлених цілей та завдань;
- 4) бюджетування, орієнтоване на реалізацію обраних програм та проєктів;
- 5) вибір сукупності фінансово-кредитних інструментів для фінансування обраних проєктів та програм;
- 6) управління залученими фінансово-кредитними інструментами;
- 7) надання аналітичної оцінки реалізованих проєктів.

Пошук інвестицій у зелені технології та модернізації водної інфраструктури процес складний, який повинен ґрунтуватися на такій сукупності управлінських дій:

- розробка відповідної інвестиційної стратегії, яка б містила чітко прописані цілі, завдання, механізми її реалізації.
- провести конкурентний аналіз зелених проєктів та виявити найбільш інвестиційно привабливі та життєздатні;
- здійснити аналіз ринкових потреб та ризиків;
- провести моніторинг та виявити інвесторів, які зацікавлені в участі в реалізації зелених проєктів, та сформуванню привабливу інвестиційну пропозицію.

Зазначимо, що сучасні інформаційні технології є важливою складовою створення умов для ефективного використання водних ресурсів, зокрема це може бути реалізовано шляхом створення ефективних автоматизованих систем моніторингу стану гідроресурсів країни. Автоматизований моніторинг надасть інформаційні підстави для вибору найбільш ефективного поєднання фінансово-кредитних інструментів та стимулів.

У цих реаліях, пріоритетним завданням держави є оновлення та вдосконалення нормативно-правового поля регулювання фінансових відносин у сфері використання потенціалу гідросистеми країни з огляду на норми екологічної безпеки. Також необхідно вітчизняне водне законодавство привести у відповідність до реальних економічних потреб держави, підвищенням продуктивності праці у всіх сферах життєдіяльності суспільства, зменшенням неформального сектору економіки тощо.

Для екологізації водокористування, запуску водоохоронних програм необхідно розширити інструментарій регулювання вказаних процесів, у тому числі за рахунок створення умов активного використання такого інструменту, як екологічне страхування.

Міжнародна практика демонструє, що таким механізмом запобігання негативному впливу на навколишнє середовище та компенсації втрат унаслідок екокатастроф має бути екологічне страхування. Щодо визначення дефініції «екологічне страхування», то у вітчизняній науковій літературі є кілька підходів до трактування сутності наведеного поняття [27]:

1. Страхування цивільної відповідальності підприємств, установ і організацій за шкоду, завдану інтересам третіх осіб унаслідок аварійного забруднення навколишнього природного середовища діяльністю, що створює підвищену екологічну небезпеку [28, с. 346].

2. Механізм захисту майнових інтересів підприємств, установ, організацій, спрямований на здійснення заходів із попередження, подолання або зменшення негативного впливу ризиків забруднення навколишнього природного середовища і відшкодування пов'язаних із таким забрудненням витрат [29].

3. Страхування фінансової відповідальності, яке передбачає перекладання відповідальності за непередбачувану екологічну шкоду на страхові компанії. Екологічне страхування охоплює сукупність інструментів екологічної політики, за допомогою яких здійснюється страхування екологічного ризику [30, с. 79].

Зелене страхування слід розглядати як механізм захисту юридичних та фізичних осіб від тягаря фінансових ризиків, які пов'язані з прийнятими зобов'язаннями щодо захисту довкілля від забруднення. Зі збільшенням антропогенного навантаження на навколишнє середовище, цей вид страхування стає все більш актуальним, а отже необхідно сформулювати необхідне нормативного правове підґрунтя для його поширення в нашій країні. Також важливо сформулювати відповідну громадську думку соціальної, економічної та екологічної значущості зеленого страхування.

Цікавим та корисним може бути успішний світовий досвід запровадження даного виду страхування.

Як зазначає Олена Криворучкіна [31], у 50–60-х роках ХХ ст., США стали одними з перших у світі, хто запровадив дієвий механізм страхування відповідальності за погіршення стану довкілля (*environmental impairment liability insurance*). До 80-х років екологічні ризики у США включалися до полісів страхування загальної відповідальності, але зростання ймовірності їх виникнення, посилення вимог до екологічної безпеки суб'єктів бізнесу позначилося на практиці їх відокремленого страхування. Саме в цей період екологічне страхування стало нагальною потребою для більшості інвесторів та підрядників, адже освоєння нових територій, родовищ корисних копалин, діяльність нафтогазових, хімічних та інших компаній стала неможливою без наявності відповідних полісів.

У країнах Європейського Союзу екологічне страхування також набуло суттєвого поширення, оскільки значна частина підприємств постає перед екологічними ризиками. У випадку реалізації екологічних загроз суб'єкти господарювання повинні покривати збитки, завдані навколишньому середовищу через їхню діяльність. Саме екологічне страхування дозволяє їм зменшити відповідні ризики.

У таких країнах, як Китай та Індія екологічне страхування також набирає обертів, оскільки в законодавстві цих країн відбулися зміни щодо встановлення більш жорстких екологічних норм та наслідків у разі їх порушення.

Загалом міжнародний досвід свідчить про те, що екологічне страхування є дієвим інструментом захисту підприємств від наслідків зростаючої кількості екологічних ризиків, але ступінь його використання залежить від регіону та корелюється з рівнем його соціально-економічного розвитку.

Практичний досвід використання вказаного інструменту в Україні представлений застосуванням угод обов'язкового страхування цивільної відповідальності суб'єктів господарювання за шкоду, яка може бути заподіяна пожежами та аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки, включаючи пожежовибухонебезпечні об'єкти та об'єкти, господарська діяльність на яких може призвести до аварій екологічного та санітарно епідеміологічного характеру.

До таких об'єктів водогосподарських комплексів належать гідротехнічні споруди 1, 2 і 3 го класів. Угода такого зразка включає такі фактори [32]:

- вид господарської діяльності;
- категорію об'єкта підвищеної небезпеки;
- кількісний та якісний склад небезпечних речовин на об'єкті страхувальника;
- технологічні процеси, пов'язані із небезпечними речовинами;
- відстань об'єкта до населених пунктів, до земель екологогосподарського значення та водних об'єктів;
- рік введення об'єкта в експлуатацію та проектний строк експлуатації;
- наявність або відсутність охорони об'єкта підвищеної небезпеки;
- наявність інших угод страхування щодо об'єкта.

Можна стверджувати, що серед низки проблем, які уповільнюють поширення екологічного страхування як механізму створення фондів фінансових ресурсів, які призначені для покриття збитків навколишньому середовищу внаслідок реалізації екстремальних екологічних загроз, слід вказати на обмежений асортимент відповідних інструментів та відсутності системного підходу у їх застосуванні. Отже, необхідно зосередити увагу на створенні саме екологічних страхових продуктів з одночасним запровадженням з боку держави жорсткої відповідальності за завдану шкоду навколишньому середовищу.

Для подолання екологічних проблем, у тому числі таких як забруднення води, багатьма країнами світу використовується такий інструмент як екологічне оподаткування, зокрема набули поширення:

- податок на викиди вуглецю в таких країнах, як Швеція, Норвегія та Фінляндія;
- податки на паливо: такі країни як Сполучене Королівство, Франція та Німеччина запровадили податки на паливо, які збільшуються разом із вмістом вуглецю в паливі;
- податки на поліетиленові пакети, зокрема в Ірландії, Данії та Китаї;
- податки на воду: для ощадливого використання водних ресурсів і зменшення забруднення води.
- податки на сміттєзвалища: з метою заохочення переробки та зменшення кількості відходів, що відправляються на звалища.
- податки на пестициди: для стимулювання використання альтернативних методів захисту сільськогосподарських культур від шкідників та захисту земельних та водних ресурсів.

Політика екологічного оподаткування може стати дієвим інструментом у реалізації цілей сталого розвитку України, боротьбі із забрудненням водних об'єктів, заохоченні до їх збереження та ощадливого використання.

Запропоновані підходи до формування еколого-економічного механізму раціонального використання водних ресурсів, в частині сукупності фінансового інструментарію зменшення негативних наслідків антропогенного впливу на гідросферу, дозволять досягти довгострокового соціально-економічного зростання, забезпечити національну безпеку та обороноздатність держави.

Список використаних джерел до розділу 4

1. Шаріпов О. У 2019 році в Україні була найнижча серед європейських країн тривалість здорового життя – дослідження. URL: <https://hromadske.ua/posts/u-2019-roci-v-ukrayini-bula-najnizhcha-sered-yevropejskih-krayin-trivalist-zdorovogo-zhittya-doslidzhennya>.
2. Авраменко Н. Л., Сагайдак І. С., Чорна Т. М. Економіка водокористування: стан, проблеми, перспективи: монографія. Київ : ТОВ «7БЦ», 2018. 138 с.
3. Кичко І. І. Соціально-економічні детермінанти особистих потреб. Чернігів : Чернігівський державний технологічний університет. 2013. 333 с.
4. Інформація про використання водних ресурсів Чернігівської області у 2020 році. Деснянське басейнове управління водних ресурсів. URL: <https://desna-buvr.gov.ua/diyalnist/>.
5. Івашко В. Г., Ольвінська Ю. О. Статистичний аналіз стану та використання водних ресурсів України. *Статистика – інструмент соціально-економічних досліджень* : збірник наукових студентських праць. 2017. Вип. 3. Частина І. С. 82–89.
6. В Україні погіршується стан водних об'єктів, якість питної води та водна інфраструктура. Рахункова палата. 2021. URL: <https://rp.gov.ua/PressCenter/News/?id=1126>.
7. Зелена книга: аналіз сфери спеціального водокористування та проведення робіт на землях водного фонду. URL: <https://regulation.gov.ua/book/158-zelena-kniga-analiz-sferi-specialnogo-vodokoristuvanna-ta-provedenna-robit-na-zemlah-vodnogo-fondu>.
8. Water resource / Britannica. URL: <https://www.britannica.com/science/water-resource>.
9. Water Resources Management. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement>.
10. Водний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 1995. № 214/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>.
11. Основа життя природи та людини: хто і як опікується водними ресурсами в Україні. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/osnova-zhittya-prirodi-ta-ljudini-hto-i-yak-opikuietsya-vodnimi-resursami-v-ukraini/>.
12. Інформаційно-аналітична довідка про стан водних ресурсів держави та особливості сільськогосподарського виробництва в умовах змін клімату. URL: <http://naas.gov.ua/upload/iblock/78a/%D0%86%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0%20%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0%204.05.2020-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD.pdf>.

13. Хумарова Н., Мацан Н. Реклеймінг і рециклінг стічних вод: сутність та напрями впровадження. *Економічні інновації*. 2022. Том 24, Вип. 2(83). С. 199.
14. Pinera J.-F. Urban armed conflicts and water services. *Waterlines*. 2012. Vol. 31(1-2). Pp. 105-121. URL: <https://doi.org/10.3362/1756-3488.2012.009>.
15. Зелінський С. Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії. URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoji-agresiyi.pdf>.
16. В ООН заявили про серйозний дефіцит питної води на планеті. URL: <https://www.dw.com/uk/v-oon-zaiavyly-pro-serioznyj-defitsyt-bezpechnoi-pytnoi-vody-na-planeti/a-56952151>.
17. Вода як джерело життя чи зародок війни. URL: <https://ecoaction.org.ua/voda-iaak-dzherelo-zhyttia.html>.
18. Кичко І. І. Макроекономічний механізм фінансування охорони здоров'я. *Фінанси України*. 2003. № 4. С. 71–77.
19. Кичко І.І., Холодницька А.В. Сучасні підходи до водокористування з дотриманням принципів водної безпеки в Україні. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 38. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-26>.
20. Пшик Б. І. Удосконалення фінансово-кредитного стимулювання інвестиційної та інноваційної діяльності в Україні: монографія / за наук. ред. канд. екон. наук, доц. Б.І. Пшика. Київ : УБС НБУ, 2010. 263 с.
21. Григор'єва М. І. Інвестиційна привабливість України: проблеми та можливості. *Інвестиції: практика та досвід*. 2013. № 21. С. 57–62.
22. Рекова Н. Ю., Талан Г. О. Інструменти регулювання інвестиційної діяльності в рамках податкової політики. *Економічний часопис – XXI*. 2014. № 1-2(2). С.12-15.
23. Кичко І. І., Шаркаді Н. В. Захист депозитів населення. *Фінанси України*. 2006. № 2. С. 122-127.
24. NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors. June 2021. URL: <https://www.ngfs.net/en/liste-chronologique/ngfs-publications>.
25. Політка щодо сталого фінансування розвитку. URL: https://bank.gov.ua/ua/file/download?file=Policy_rozvytok-stalogo-finansuvannja_2025.pdf.
26. Екологічні витрати суб'єктів господарювання. URL: <https://ecolog-ua.com/news/ekologichni-vytraty-subyektiv-gospodaryuvannya>.
27. Аналіз стану та необхідність використання міжнародного досвіду екологічного страхування в Україні. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/10_2017/15.pdf.
28. Галушкіна Т. П. Економіка природокористування : навч. посіб. Харків : Бурун Книга, 2009. 480 с.
29. Екологічне страхування. URL: <http://www.ueic.com.ua>.
30. Синякевич І. М. Інструменти екополітики: теорія і практика. Львів : ЗУКЦ, 2003. 188 с.
31. Криворучкіна О. Екологічне страхування: світовий досвід та перспективи в Україні. URL: <https://ecolog-ua.com/news/ekologichne-strahuvannya-svitovyy-dosvid-ta-perspektyvu-v-ukrayini>.
32. Семенова Ю. Екологічне страхування у контексті державного регулювання водокористування. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/14_2019/16.pdf.

ВИСНОВКИ

Дослідження проблеми антропогенного навантаження на гідросферу, факторів впливу та напрямів попередження засвідчують про багатовимірність та неоднозначність вирішення означеного феномену.

За результатами дослідження еколого-економічного механізму раціонального водокористування з'ясовано взаємозумовленість базових факторів антропогенного впливу на гідросферу та трудового потенціалу, зокрема визначено вплив процесів урбанізації, інтенсивного ведення сільського господарства, поширення неформальних трудових відносин на гідросферу. Урбаністичні процеси посилюють дію антропогенних чинників, які своєю чергою призводять до зменшення запасів водних ресурсів, порушують стабільність та збалансованість гідросфери, ослаблення її захищеності та зниження релаксаційних властивостей. При цьому збільшується кількість техногенних відкладень, які формуються під час експлуатації промислових, господарських об'єктів (промислово-побутові відходи, відвали з гірничих виробок та кар'єрів тощо), зростає обсяг стічних вод, інтенсифікується дифузне забруднення.

Беручи до уваги рівень забруднення водних об'єктів Чернігівської області за гідрохімічними показниками, проведено еколого-економічну оцінку водокористування в басейнових водогосподарських комплексах, рівня екологічної безпеки водних об'єктів та їхнього гідроенергетичного потенціалу (на прикладі річки Остер) визначено нові підходи до формування еколого-економічного механізму забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів в умовах антропогенного тиску на гідросферу з дотриманням принципів екобезпеки для покращення екологічного стану гідроресурсів, відновлення забруднених водних об'єктів, створення умов реалізації екологічних, економічних, продовольчих завдань національної безпеки України та забезпечення потреб населення та армії у воді.

На основі аналізу та узагальнення існуючої системи еколого-економічного стимулювання та механізму проведення екологічного моніторингу, практики управління водними ресурсами в Україні та зарубіжних країнах запропоновано напрями забезпечення безпеки водокористування. Цільовими орієнтирами раціонального водокористування мають бути такі: вдосконалення нормативно-правового регулювання відносин у сфері водокористування; реформування інституцій управління водними ресурсами в напрямі консолідації дій держави та бізнесу для досягнення цілей сталого водокористування; розробка та інвестиційна, підтримка водних проектів; технічне та технологічне оновлення інженерних водних об'єктів; фінансування загальногалузевих водоохоронних проектів на основі публічно-приватного партнерства; розробки економічних інструментів формування екологічної дисципліни всіх груп споживачів водних ресурсів; широке залучення науковці до розробки програм модернізації техніко-технологічних параметрів водокористування.

Обґрунтовано структуру мережі автономних автоматизованих станцій екологічного моніторингу на основі комбінації відновлювальних джерел енергії. Констатовано, що успішний досвід експлуатації АГМЕС «Theorems Dnipro» дозволяє стверджувати, що описана в монографії концепція розрахунку системи енергозабезпечення автономної станції моніторингу забезпечує надійне електропостачання станції моніторингу при мінімальних номінальних параметрах первинних перетворювачів енергії та ємності акумуляторної батареї.

З метою мінімізації антропогенного впливу на безпеку водокористування в Україні необхідно: посилити контроль за скиданням промислових відходів, використовувати маловідходні виробничі технології та рециркуляцію води, встановлювати норми щодо скидання стічних вод; заохочувати будівництво очисних споруд для побутових та промислових стічних вод; запобігати забрудненню водоносних шарів шляхом регулювання токсичних речовин, що проникають у ґрунт, створення водоохоронних зон у районах підживлення та забору підземних вод тощо.

ДОДАТОК А

ПРОГРАМНА МОДЕЛЬ MATLAB

```

3 clear
4 fprintf('\n\n-----\n')
5 fprintf('Розрахунок системи живлення проекту TehoremsDnipro. (С) А.Ревко\n')
6 fprintf('-----\n\n')
7
8 %Кількість споживачів(датчики та інше)
9 N=14;
10
11 %назви споживачів
12
13 %1. ДРВг - датчик рівня води гідростатичний
14 %2. ДРВр - датчик рівня води радарний
15 %3. ДРВр - датчик рівня води рефлекс-радарний
16 %4. ДТВ - датчик температури води
17 %5. ІДП - інтегрований датчик: температура повітря - вологість повітря - атмосферний тиск
18 %6. ІДВО - інтегрований датчик: напрямок вітру - швидкість вітру - кількість опадів
19 %7. ДЕПВ - датчика екологічних параметрів води
20 %8. ДРФ - датчика радіаційного фону
21 %9. ПУОК - плата узгодження датчиків з одноплатним комп'ютером
22 %10. ОК - одноплатний комп'ютер
23 %11. ТКМ - телекомунікаційний модуль
24 %12. ВПМЖ - власні потреби модуля живлення
25 %13. ДКО - датчик кількості опадів
26 %14. НВП - насос водяний погрузний
27
28 fprintf('1. ДРВг - датчик рівня води гідростатичний\n')
29 fprintf('2. ДРВр - датчик рівня води радарний\n')
30 fprintf('3. ДРВр - датчик рівня води рефлекс-радарний\n')
31 fprintf('4. ДТВ - датчик температури води\n')
32 fprintf('5. ІДП - інтегрований датчик: температура повітря - вологість повітря - атмосферний тиск\n')
33 fprintf('6. ІДВО - інтегрований датчик: напрямок вітру - швидкість вітру - кількість опадів\n')
34 fprintf('7. ДЕПВ - датчика екологічних параметрів води\n')
35 fprintf('8. ДРФ - датчика радіаційного фону\n')
36 fprintf('9. ПУОК - плата узгодження датчиків з одноплатним комп'ютером\n')
37 fprintf('10. ОК - одноплатний комп'ютер\n')
38 fprintf('11. ТКМ - телекомунікаційний модуль\n')
39
40 fprintf('12. ВПМЖ - власні потреби модуля живлення\n')
41 fprintf('13. ДКО - датчик кількості опадів\n')
42 fprintf('14. НВП - насос водяний погрузний\n')
43
44 name = char('ДРВг','ДРВр','ДРВрр','ДТВ','ІДП','ІДВО','ДЕПВ','ДРФ','ПУОК','ОК','ТКМ','ВПМЖ','ДКО','НВП');
45
46 %напруга живлення споживачів(датчики та інше),В
47 Us(1:N)=24;
48
49 Us(1)=12;
50
51 Us(4)=12;
52 Us(5)=24;
53 Us(6)=24;
54 Us(7)=24;
55 Us(8)=12;
56 Us(9)=5;
57
58 Us(10)=12;
59 Us(11)=5;
60
61 Us(13)=12;
62
63 %струм споживання споживачів без підігріву(датчики та інше), А
64 Is(1:N)=0;
65
66 Is(1)=0.03;
67
68 Is(4)=0.03;
69 Is(5)=0.04;
70 Is(6)=0.04;
71 Is(7)=0.21;
72
73 Is(9)=0.5;
74 Is(10)=3;
75 Is(11)=2;
76 Is(12)=0.2;
77 Is(13)=0.015;
78

```

```

78 Is(14)=5;
79
80 %відносний час споживання енергії споживачами(датчики та інше)
81 g(1:N)=0.15;
82
83 g(7)=0.01;
84
85 g(9)=1;
86 g(10)=0.2;
87 g(11)=0.1;
88 g(12)=1;
89
90 g(14)=0.007;
91
92 % g(1:N)=1;
93
94
95 %напруга живлення підігріву (датчики та інше), В
96 Up(1:N)=0;
97
98 Up(5)=24;
99 Up(6)=24;
100
101 Up(13)=12;
102
103 %струм споживання підігріву(датчики та інше), А
104 Ip(1:N)=0;
105
106 Ip(5)=0.6;
107 Ip(6)=0.6;
108
109 Ip(13)=4.5;
110
111 %ККД перетворення
112 Eff(1:N)=0.85;
113
114 Eff(12)=1;
115
116 Eff(14)=1;
117
118 %Потужність споживачів(датчики та інше), Вт
119 P=Is.*Us.*g./Eff;
120
121 %Загальне споживання всієї системи без підігріву, Вт
122 Ps=sum(P);
123
124 %Потужність підігріву(датчики та інше), Вт
125 Pp=Ip.*Up;
126 Psp=sum(Pp);
127
128
129 Tab1=[1:N;Us;Is;g;Eff;P;Up;Ip;Pp]';
130
131 Tab1
132 Ps
133 Psp
134
135 fprintf('Початкові та розраховані значення:\n\n')
136
137 fprintf('%3s %8s %8s %8s %8s %8s %8s %8s %8s\n','N','Назва ','Uк, В ','Iк, А ','від.час','ККД ','Pж, Вт ','Un, В ','In, А ','Pn, Вт ');
138 for n=1:N
139 fprintf('%3d %8s %8.3f %8.3f %8.3f %8.3f %8.3f %8.3f %8.3f\n',n,name(n,:),Us(n),Is(n),g(n),Eff(n),P(n),Up(n),Ip(n),Pp(n));
140 end
141
142 fprintf('\nПотужність споживання системи без підігріву: %f Вт\n', Ps);
143 fprintf('Потужність споживання підігріву: %f Вт\n', Psp);
144 fprintf('Потужність споживання системи з підігрівом: %f Вт\n', Ps+Psp);
145
146 t1=0.1:24;
147 P1=Is(1).*Us(1).*g(1)./Eff(1);
148 %P2=Is(2).*Us(2).*g(2)./Eff(2);
149 %t2=
150 %P3=Is(3).*Us(3).*g(3)./Eff(3);
151 %t3=
152 t4=0.5:24;
153 P4=Is(4).*Us(4).*g(4)./Eff(4);
154 %t4=
155 %P5=Is(5).*Us(5).*g(5)./Eff(5);
156

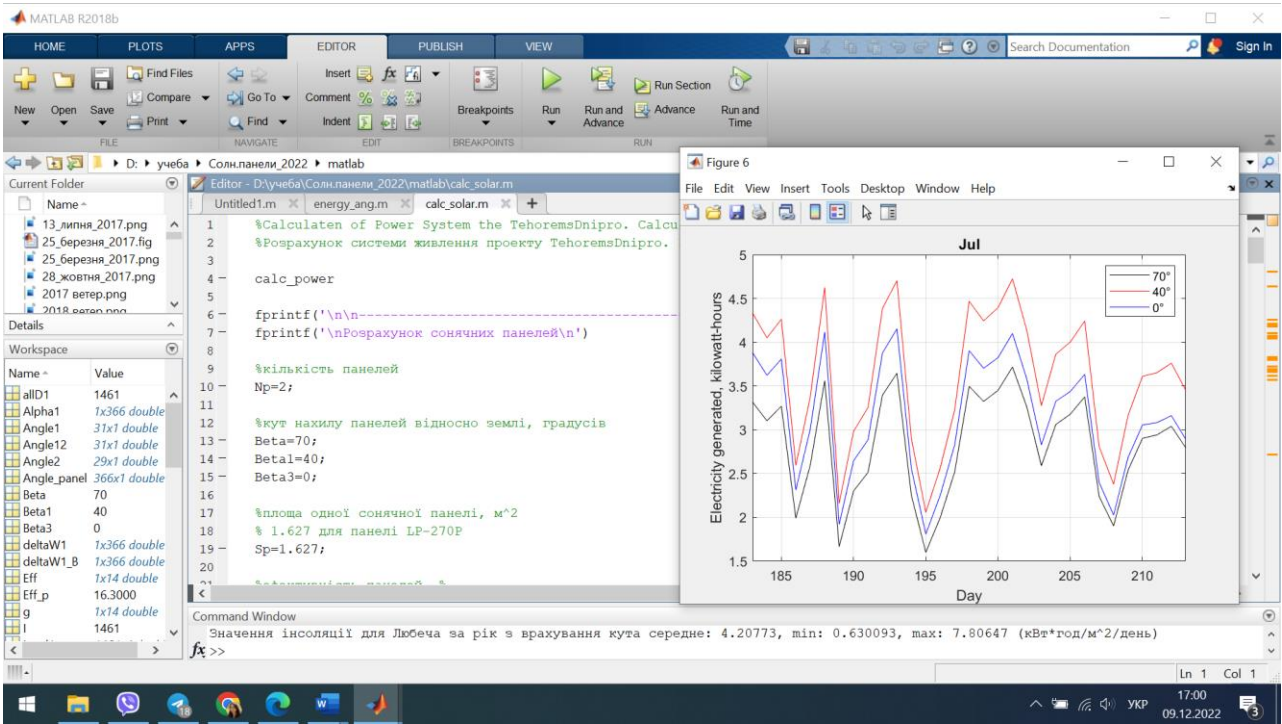
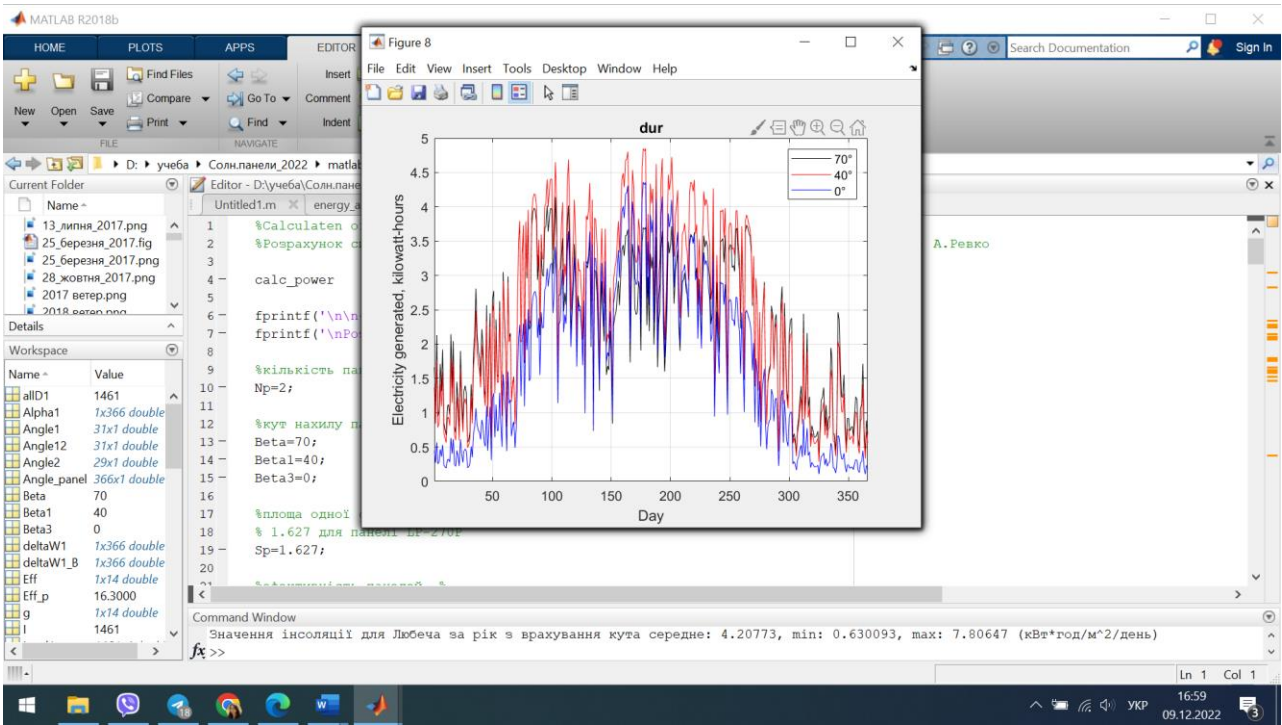
```



```

156 %Alignment (http://www.a1-soft.com/saa/satinfo.shtml)
157 load Sol_angle_Lubech.txt
158 if nd==365,
159     Sol_angle_Lubech(60)=[];%Видаляємо 29 лютого
160 end
161 Angle_panel = Sol_angle_Lubech;
162 Alpha1(1:nd)=Angle_panel;
163 clear Sol_angle_Lubech;
164
165 %Генеравання енергія по днях за рік з врахуванням
166 %кута нахилу панелі, кВт*год
167 %https://pveducation.org/ru/pvcdrom/properties-sunlight/solar-radiation-tilted-surface
168 Sol_D1_Ang1(1:nd)=Sol_D1.*sin((Alpha1+Beta).*pi./180)./sin(Alpha1.*pi./180);
169 Sol_D2_Ang1(1:nd)=Sol_D1.*sin((Alpha1+Beta1).*pi./180)./sin(Alpha1.*pi./180);
170 Sol_D4_Ang1(1:nd)=Sol_D1.*sin((Alpha1+Beta3).*pi./180)./sin(Alpha1.*pi./180);
171
172
173 Wg1_B(1:nd)=S.*Sol_D1_Ang1.*Eff_p./100;
174 Wg2_B(1:nd)=S.*Sol_D2_Ang1.*Eff_p./100;
175 Wg4_B(1:nd)=S.*Sol_D4_Ang1.*Eff_p./100;
176 figure;
177 plot(1:nd,Wg1_B,'black',1:nd,Wg2_B,'red',1:nd,Wg4_B,'blue'), title('January'), grid on; axis([1,31,0,1,2.5]);
178 ylabel('Electricity generated, kilowatt-hours'),
179 xlabel('Day'),
180 legend('70°','40°','0°')
181 figure;
182 plot(1:nd,Wg1_B,'black',1:nd,Wg2_B,'red',1:nd,Wg4_B,'blue'), title('March'), grid on; axis([61,91,0,4.5]);
183 ylabel('Electricity generated, kilowatt-hours'),
184 xlabel('Day'),
185 legend('70°','40°','0°')
186 figure;
187 plot(1:nd,Wg1_B,'black',1:nd,Wg2_B,'red',1:nd,Wg4_B,'blue'), title('April'), grid on; axis([92,121,1,5]);
188 ylabel('Electricity generated, kilowatt-hours'),
189 xlabel('Day'),
190 legend('70°','40°','0°')
191 figure;
192 plot(1:nd,Wg1_B,'black',1:nd,Wg2_B,'red',1:nd,Wg4_B,'blue'), title('July'), grid on; axis([183,213,1,5.5]);
193 ylabel('Electricity generated, kilowatt-hours'),
194 xlabel('Day');
195
196 legend('70°','40°','0°')
197 figure;
198 plot(1:nd,Wg1_B,'black',1:nd,Wg2_B,'red',1:nd,Wg4_B,'blue'), title('October'), grid on; axis([275,305,0,3]);
199 ylabel('Electricity generated, kilowatt-hours'),
200 xlabel('Day'),
201 legend('70°','40°','0°')
202 figure;
203 plot(1:nd,Wg1_B,'black',1:nd,Wg2_B,'red',1:nd,Wg4_B,'blue'), title('2020 year'), grid on; axis([1,nd,0,5]);
204 ylabel('Electricity generated, kilowatt-hours'),
205 xlabel('Day'),
206 legend('70°','40°','0°')
207
208 %Генеравання енергія по днях за рік без врахування
209 %кута нахилу панелі, кВт*год
210
211 load M1.txt
212 Angle1=M1;
213 clear M1;
214
215 load M2.txt
216 Angle2=M2;
217 clear M2;
218
219 load M12.txt
220 Angle12=M12;
221 clear M12;
222
223 Wg1(1:nd)=S.*Sol_D1.*Eff_p./100;
224 %Jan = values(Wg1);
225
226 fprintf('\nЗначення інсоляції для Лубеча за рік з врахування кута середнє: %g, min: %g, max: %g (кВт*год/м^2/день)\n',mean(Sol_D1_Ang1), min(Sol_D1_
227
228 %Баланс енергії за добу з врахуванням кута нахилу панелі, кВт*год
229 deltaW1(1:nd)=Wg1_B-Ws/1000;
230
231 %Баланс енергії за добу без врахуванням кута нахилу панелі, кВт*год
232 deltaW1_B(1:nd)=Wg1-Ws/1000;

```



Для нотаток

Наукове видання

**БЕЗПЕКА ВОДОКОРИСТУВАННЯ: ФАКТОРИ
ВПЛИВУ ТА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ
МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ**

Монографія

Підписано до друку 27.10.2023. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. – 7,24.
Тираж 100 пр. Замовлення № 30/23.

Редакційно-видавничий відділ Національного університету «Чернігівська політехніка»
14035, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 7128 від 18.08.2020 р.