

Міністерство освіти і науки України  
Інженерний навчально-науковий інститут  
імені Ю.М. Потебні  
Запорізького національного університету

О.Г. Добровольська

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Конспект лекцій

для здобувачів ступеня вищої освіти магістра  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-  
професійної програми  
«Водопостачання та водовідведення»

Затверджено

вченою радою  
ЗНУ

Протокол № від

Запоріжжя

2024

628.1'1

Д56 628.1 Добровольська О.Г., Раціональне використання водних ресурсів : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Водопостачання та водовідведення». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2023. 85 с.

У конспекті лекцій подано в систематизованому вигляді програмний матеріал дисципліни «Раціональне використання водних ресурсів», питання будівництва та інженерного обслуговування будівельних об'єктів з урахуванням зниження антропогенних навантажень на водне середовище, зменшення питомих показників утворення відходів та забруднення водних ресурсів та їх раціонального використання. Містить ілюстративний (рисунок, схеми) і табличний матеріали.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Водопостачання та водовідведення».

Рецензенти:

В. А. Банах, доктор технічних наук, професор кафедри промислового та цивільного будівництва

Є. А. Манідіна, кандидат технічних наук, доцент кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки Запорізького національного університету

## ВСТУП

Вивчення курсу дає здатність розв'язувати питання будівництва та інженерного обслуговування будівельних об'єктів з урахуванням зниження антропогенних навантажень на водне середовище, зменшення питомих показників утворення відходів та забруднення водних ресурсів та їх раціонального використання, що є ключовою компетенцією сучасного інженера-будівельника, конкурентоспроможного на ринку праці. Цей курс відповідає *вимогам сучасного ринку праці стосовно підготовки фахівців, здатних* використовувати водні ресурси в контексті ресурсоощадження на всіх головних стадіях споживання води – від промислового до господарсько-побутового, здатних проектувати сучасні будівельні комплекси водопідготовки з можливістю застосування повторного використання води та оборотних систем водопостачання, утилізації відходів виробництва.

*Успішна професійна діяльність фахів будівельної галузі пов'язана з їх здатністю* удосконалювати будівельні об'єкти та інженерні споруди, застосовувати сучасні методики моніторингу, вдосконалення та реконструкції будівельних об'єктів, інженерних мереж, а також обґрунтовано приймати рішення щодо їх відновлення в умовах ліквідації наслідків бойових дій.

Цей курс є професійно орієнтованим для будівельників, які навчаються за освітніми програмами «Водопостачання та водовідведення», «Міське будівництво та господарство», «Промислове і цивільне будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Застосування водноощадних технологій є важливою складовою містобудування.

Вивчення дисципліни «Раціональне використання водних ресурсів» базується на знаннях таких дисциплін, як «Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень», «Моніторинг та удосконалення інженерних об'єктів». Своєю чергою дисципліна необхідна для успішного проходження виробничої практики та виконання кваліфікаційної роботи.

## Лекція 1. Еколого-економічні аспекти водокористування

**Мета заняття** усвідомлення соціального, екологічного та економічного значення водних ресурсів, набуття навичок оцінювання передумов виникнення сучасних еколого-економічних проблем у сфері водокористування, опанування навичками аналізу еколого-економічних проблем водокористування в Україні.

### План заняття

1. Соціо-еколого-економічне значення водних ресурсів.
2. Передумовами виникнення сучасних еколого-економічних проблем у сфері водокористування.
3. Сучасна водна політика Європейського Союзу.
4. Аналіз еколого-економічних проблем водокористування в Україні. Пріоритетні завдання державної водної політики.

1. Прогресивний розвиток економічних систем неможливий без достатньої забезпеченості їх водними ресурсами, які можуть бути обмежувальними чинниками кількості населення та розміщення продуктивних сил. Більш того, на відміну від інших ресурсів, наприклад, нафти, газу, селітри і т.п., без води людство обійтися не зможе. Водні ресурси мають вирішальне значення для біосфери. Людина приблизно на 80% складається з води і щоденно випиває у середньому 2 л води. Отже, вода є її структурним елементом і більше ніж будь-який інший фактор впливає на стан здоров'я. Важливість води слід проаналізувати з позицій життєдіяльності, технологій, обмеженості та відновлюваності. У табл. 1.1 систематизовано ознаки, які відрізняють водні ресурси від інших природних факторів.

Таблиця 1.1 Соціо-еколого-економічне значення водних ресурсів

Ознака	Важливість та проблематика водних ресурсів
Вода як джерело життя	кругообіг води на планеті як чинник забезпечення відтворення життя та еволюційне середовище; – вода як базова складова живих організмів (45-98% води); – постійна залежність живих

		<p>організмів від наявності води;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вода як рекреаційний фактор</li> </ul>
	<p>Вода як основа технології</p>	<p>використання води для отримання енергії;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– використання води у технологічних процесах;</li> <li>– вода як складова продукції;</li> <li>– вода як товар</li> </ul>
	<p>Вода як обмежений ресурс</p>	<p>вплив зростання кількості населення та урбанізації на водні екосистеми;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– інтенсифікація водокористування у господарській діяльності;</li> <li>– забруднення води, що призводить до її дефіциту;</li> <li>– залежність наявності водних ресурсів від географічних умов;</li> <li>– зростання енерговитрат на використання нетрадиційних джерел питної води;</li> <li>– порушення структури водних екосистем</li> </ul>
	<p>Вода як відновний ресурс</p>	<p>відносна незмінність обсягів водних ресурсів;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– збереження тенденції світового зростання обсягів водоспоживання</li> </ul>
	<p>Вода як конфліктогенний ресурс</p>	<p>зростання антропогенного навантаження на транскордонні водні басейни;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– відсутність єдиної системи нормативних показників водокористування при спільній реалізації проектів;</li> <li>– значна градація водозабезпеченості держав;</li> <li>– відсутність взаємного обміну інформацією про стан транскордонних водних ресурсів та спільних</li> </ul>

		взаємоузгоджених заходів щодо їх відновлення; – відсутність міжнародної торгівлі ліцензіями на обґрунтоване антропогенне навантаження на транскордонні водні басейни; – зростання ризиків виникнення конфліктів через водний дефіцит
	Вода як культ	використання води у релігії, народних обрядах і традиціях
	Вода як транспортна складова	використання води для транспортування вантажів, пасажирів і т. ін.; – використання води для сплаву лісу
	Науково-пізнавальне значення води	водолікування; – вивчення пам'яті води; – водні джерела як гідрологічні пам'ятники

Основними передумовами виникнення сучасних еколого-економічних проблем у сфері водокористування є такі:

- 1) недосконалість законодавчої та нормативної баз, що регулюють водні відносини у національному господарстві;
- 2) належність України до малозабезпечених водними ресурсами країн;
- 3) нерівномірність природного розподілу водних ресурсів територією України;
- 4) наявність та поява нових стаціонарних джерел забруднення водних ресурсів, у тому числі питної води;
- 5) нераціональність розміщення галузевих водомістких об'єктів;
- 6) залежність економіки України від водних ресурсів, які формуються за її межами;
- 7) неефективна політика водокористування за часів СРСР;
- 8) значна водомісткість економіки України.

Розглянемо детальніше вищенаведені передумови, які обумовлюють необхідність глибокого наукового дослідження проблематики раціоналізації водоспоживання в Україні більш докладно.

Основним законодавчим документом у сфері водокористування є Водний кодекс України, який передбачає, що «державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюється за басейновим принципом...». Але практичне управління окремими водними

об'єктами у регіонах не має нічого спільного з басейновим принципом. На законодавчому рівні досі не створені передумови для формування дієвого економічного механізму регулювання басейнових ринків водних ресурсів. Більш того, такі ринки можна вважати відсутніми, оскільки нормативи збору за спеціальне водокористування були встановлені ще на початку 90-х років ХХ ст. і відбувається лише їх індексація, що є чинником недосконалої конкуренції за водний ресурс між суб'єктами господарювання. Регіональні потреби економіки у водних ресурсах та стан водних екосистем вже значно відрізняються від минулих рівнів, і неврахування цих моментів призводить до неповноцінного басейнового управління. Не менш важливим для України є створення єдиного водного кадастру з детальними екологічними, економічними, геофізичними та гідрологічними характеристиками водних об'єктів. Залишається також відкритою проблема оновлення переліку шкідливих речовин, які виникають з технологічним розвитком і результат впливу яких на якість води та організм людини залишається не лише не вивченим, а навіть і невідомим. Тому важливим є розроблення та встановлення гранично допустимих концентрацій (ГДК) таких речовин. Розроблення програм з реалізації комплексу заходів із заборони та нейтралізації дії шкідливих речовин та їх впровадження у практику має бути останньою ланкою законодавчого процесу у цьому напрямі. Явно виражений державний монополізм у вигляді «діяльності» водоканалів змушує замислитися над удосконаленням законодавчої бази з метою роздержавлення та створення конкуренції на первинних ринках надання водних послуг. Серед таких послуг можуть бути надання окремо питної та технологічної води, безперебійна подача гарячої та холодної води під належним тиском, фізичне, хімічне і мікробіологічне очищення питної води, очищення каналізаційних стоків, проведення моніторингу з метою виявлення незаконних врізань у водопровідні та каналізаційні системи і т.п. Особливої уваги законодавства потребують питання, пов'язані з виділенням земель під прибережні смуги, водоочисні та водозахисні споруди. Значущою залишається проблема незаконного відбору води з природних джерел. Як фізичні особи, так і суб'єкти господарювання часто здійснюють незаконний відбір з власних незареєстрованих свердловин, бюветів і т.п., що обумовлює необхідність законодавчого визначення міри відповідальності за порушення у сфері водного господарства. Недосконалість водного законодавства України підтверджується наявністю інших проблем, наприклад, відсутністю аукціонів між суб'єктами водокористування на виділені ліміти води для споживання та розбавлення забруднених стоків до безпечних концентрацій. Але в основному проблеми нераціонального водокористування пов'язані з економічною недооцінкою водних ресурсів. Тому для початку необхідно законодавчо створити умови для адекватної, зокрема ринкової, оцінки водних ресурсів з урахуванням регіональних водних потенціалів та рівнів антропогенного навантаження.

3. Прийнятним для України є урахування досвіду законодавчого регулювання водних відносин розвинених країн. Значний досвід у розробленні

законодавчих актів у сфері водних відносин має Європейський Союз (ЄС). Перші законодавчі акти стосовно водних питань були прийняті ЄС ще у 1973 році. Взагалі у розвитку європейського законодавства щодо водокористування можна виділити два важливих періоди. Протягом першого періоду (1975-1980 роки) було прийнято ряд директив та рішень, які або висували особливі вимоги до якості різних видів води, або встановлювали гранично допустимі скиди (ГДС) забруднюючих речовин у водні об'єкти. У другому періоді (1980-1991 роки) було введено у практику ряд додаткових директив, які в основному базувалися на принципі неперевищення ГДС. У 2000 році було прийнято Рамкову директиву щодо води, яка встановлює межі охорони усіх водних об'єктів і базується на поєднанні принципу цільових показників якості води та неперевищення ГДС. Сучасна водна політика ЄС базується на таких принципах [38, с.10]:

- високий рівень охорони водних об'єктів з урахуванням різноманітності ситуацій у різних регіонах ЄС;
- принцип обережності;
- застосування запобіжних заходів;
- недопущення забруднення прибережних територій;
- принцип «забруднювач платить»;
- інтеграція політики у галузі охорони навколишнього середовища з політикою інших держав ЄС, наприклад, сільськогосподарською, транспортною, енергетичною;
- сприяння сталому розвитку.

Ці принципи спрямовані на підтримку таких цілей і елементів політики у сфері водокористування [38, с.11]:

- 1) розвиток інтегрованої політики для довгострокового сталого водокористування та її застосування у відповідності з принципом субсидіарності;
- 2) розповсюдження водоохоронних заходів на всі типи вод;
- 3) досягнення нормативної якості для всіх вод до визначеного терміну часу та збереження даного статусу там, де його вже було досягнуто;
- 4) управління водними ресурсами на основі басейнового принципу з відповідною координацією регіонів транскордонних річкових басейнів;
- 5) встановлення цін за користування водою з урахуванням принципу відшкодування витрат та принципу «забруднювач платить»;
- 6) стимулювання участі громадян у моніторингу за станом водних ресурсів та процесами водокористування;
- 7) удосконалення законодавства.

4. Розроблення даної Концепції обумовлене низкою причин: поперше, значною водомісткістю господарської діяльності та незбалансованістю водокористування і його невідповідністю екологічним параметрам; по-друге, необхідністю включення екологічних пріоритетів до процесу розподілу водних ресурсів між водокористувачами. У Концепції сформульовано такі основні завдання:



- 1) визначення стратегічних цілей і головних напрямів щодо створення умов для підвищення екологічної сталості та збалансованого розвитку водогосподарського комплексу;
- 2) поліпшення водозабезпечення населення і господарських потреб з дотриманням оптимальних умов водокористування;
- 3) підвищення якості води;
- 4) зменшення збитків і соціального напруження внаслідок шкідливої дії забрудненої води;
- 5) збереження водних систем як унікальних складових навколишнього природного середовища.

Згідно з Концепцією досягти збалансованої роботи водогосподарського комплексу можна у три етапи з певним відставанням у часі від термінів структурної перебудови економіки. На першому етапі передбачалося здійснити структурну перебудову економіки в умовах обмежених інвестицій і невідкладності проблеми подолання гострої екологічної ситуації, що склалася на водних об'єктах і в системах водозабезпечення. Першочерговими завданнями цього етапу є перехід на басейновий принцип управління водокористуванням, гарантування безпечного питного водопостачання, здійснення заходів, що передбачені Національною програмою екологічного оздоровлення басейну Дніпра, забезпечення наближення водного законодавства України до водного законодавства Європейського Союзу. На другому етапі передбачається реалізувати розроблені пріоритетні проекти, орієнтовані на досягнення балансу між попитом на воду і відновною спроможністю водних об'єктів. На третьому етапі планується розв'язання проблеми гармонізації соціально-економічного розвитку і функціонування водних систем [4].

*Належність України до малозабезпечених водними ресурсами країн.* Наявність водних ресурсів враховується при оптимізації розміщення продуктивних сил. В основному у людей виникає бажання влаштувати своє життя не тільки в економічно вигідному районі, а й у екологічно чистому, зокрема, поряд з водним джерелом з урахуванням його рекреаційних властивостей. Зважаючи на це, доцільно враховувати забезпеченість України прісною водою порівняно з іншими країнами для якнайшвидшого переходу до сталого водокористування. За запасами води, доступними для використання, Україна належить до найменш забезпечених країн у Європі. У середні за водністю роки на одну людину припадає 1,09 тис. м<sup>3</sup> власного річкового стоку, а у маловодні – 0,52 тис. м<sup>3</sup>, тоді як, за визначенням Європейської економічної комісії ООН, держава, водні ресурси якої не перевищують 1,5 тис. м<sup>3</sup> на одну людину, вважається водонезабезпеченою]. Згідно із [4, с.61] «в Україні запаси прісної води у 8,5 рази менші від світового показника (у перерахунку на одного мешканця) і дорівнюють 1,04 тис. м<sup>3</sup>». Враховуючи дані, наведені у [8, с.149], порівняємо власні запаси прісної води на душу населення в Україні із запасами інших країн (табл. 1.2).\_\_

Таблиця 1.2 Запаси водних ресурсів на душу населення по країнах\_

Країна	Запас водних ресурсів на душу населення, м <sup>3</sup> /рік
Канада	219
Бразилія	32,2
США	6,8
Англія	5,0
Іспанія	3,9
Франція	3,5
Португалія	2,8
Швеція	2,5
Казахстан	2,0
Польща	1,7
Північний Китай	1,2
Україна	1,0

*Нерівномірність природного розподілу водних ресурсів територією України.*

Дані таблиці 1.2 свідчать, що Україна недостатньо забезпечена водними ресурсами, окрім цього, проблема підсилюється також нерівномірністю їх розподілу по території країни, тому при сучасних тенденціях водокористування проблема водозабезпечення населення вже у найближчій перспективі стоятиме дуже гостро. Найбільша кількість водних ресурсів (58%) зосереджена у річках басейну Дунаю у прикордонних районах України, де потреба у воді не перевищує 5% її загальних запасів. Найменше забезпечені водними ресурсами Донбас, Криворіжжя, Крим та південні області України, де зосереджені найбільші споживачі води. Більше 61% прогнозних ресурсів і 47% експлуатаційних запасів потенціалу прісної води припадає на два басейни – Дніпровський та Волино-Подільський. Основні ж прогнозні ресурси потенціалу прісної води розміщені у надрах 6 областей. У південних і південно-східних регіонах досить значна урбанізованість території, посушливий клімат та відсутність достатнього лісового покриву загострюють ситуацію із водозабезпеченням.

Основна частина підземних вод України теж розподілена нерівномірно. Найбільша їх кількість (близько 75%) зосереджена у Дністровсько-Донецькому та Волино-Подільському артезіанських басейнах, найменша – у південних районах країни і Донбасі [8, с.149]. Згідно із [3, с.5] понад 60 % ресурсів підземних вод зосереджено у північних областях України (Чернігівська, Київська, Полтавська, Рівненська, Сумська, Львівська). Найменш забезпечені ресурсами підземних вод Чернівецька, Кіровоградська, Миколаївська, Івано-Франківська, Житомирська і Одеська області. Наведені дані свідчать про необхідність створення відповідних умов з метою антропогенного розвантаження малообезпечених водою регіонів. Для цього необхідно запровадити обґрунтовані жорсткі екологічні обмеження на процеси водокористування та сприяти організації басейнових ринків водних

ресурсів, що приводитиме до зменшення обсягів водокористування та впровадження маловодних технологій і новітніх систем очищення води. Аналізуючи галузеве навантаження регіонів України, можна зробити висновок, що Південно-Східний регіон, а саме: Запорізька, Донецька, Дніпропетровська, Луганська області, окрім кліматичних обмежень, мають обмеження, спричинені значним рівнем конкуренції за прісну воду між підприємствами найбільш водомістких галузей: електроенергетика, металургія, житлово-комунальне господарство, добувна і хімічна промисловість. Підприємства конкурують за встановлені норми відбору, потужності водопровідних мереж та скиди у водні джерела. Таким чином, номінальна ціна води у сучасних умовах господарювання має враховувати її дефіцит, обумовлений як природними обмеженнями, так і антропогенним навантаженням.

*Наявність та поява нових стаціонарних джерел забруднення водних ресурсів, у тому числі питної води.* Значне занепокоєння викликає забруднення водних джерел, що найбільше впливає на формування дефіциту питної води в Україні. У той час як споживання свіжої води зменшувалося, або стабілізувалося, абсолютні обсяги скиду нормативно очищених вод майже не змінювалися, більш того, із зростанням водоспоживання, починаючи з 2004 р., вони почали зменшуватися (рис. 1.2).

Для більш детального аналізу антропогенного навантаження на водні ресурси введемо коефіцієнти, що характеризують процеси забруднення вод:

$$K_z = \frac{V_{z.v}}{V_{c.v}}, \quad K_n = \frac{V_{n.v}}{V_{c.v}},$$

де  $K_z$  – коефіцієнт забруднення спожитої води;

$K_n$  – коефіцієнт неочищення використаної води;

$V_{z.v}$  – обсяг забруднених, у тому числі і неочищених, вод, млн м<sup>3</sup>;

$V_{c.v}$  – обсяг спожитої свіжої води, млн м<sup>3</sup>;

$V_{n.v}$  – обсяг неочищених вод, млн м<sup>3</sup>.

Таким чином, можна зробити висновок, що діючі на сьогодні економічні механізми щодо стимулювання впровадження очисних споруд і зменшення скидів у водні об'єкти є неефективними. У практиці водокористування не приділяється достатньо уваги екологічній складовій, що може призвести економіку до катастрофічних наслідків. Витрати на відновлення природних екополісів (у межах деяких басейнів річок) будуть набагато більшими, ніж отримана «сьогоднішня» економічна вигода. Зростає невизначеність ситуації з так званими стратегічними підземними запасами водних ресурсів. Зростання кількості міського населення сприяє зростанню локального навантаження на підземні джерела, у той час коли їх використання є надзвичайно актуальним. Крім того, відомо, що підземні води мають слабку здатність до відновлення. На даний час в Україні 70% населення як джерело питної води використовують поверхневі води, при цьому якість води в основних басейнах – Дніпро, Дністер, Західний Буг, Приазов'я, Сіверський Донець – характеризується як «дуже забруднена» (VI клас) [28]. Однією з

причин погіршення екологічного стану водних екосистем є екстенсивний характер розвитку економіки України. Протягом тривалого часу в державі функціонує чимало підприємств з високою питомою вагою ресурсо- та енергоємних технологій. Разом з тим зменшення вартості будівництва та введення в експлуатацію основних фондів водогосподарського комплексу не супроводжувалися впровадженням очисних споруд [1]. Забруднення водних об'єктів та порушення їх структури свідчать про низький рівень екологічної культури, у першу чергу осіб, що ухвалюють відповідальні рішення. У [2, с.16] автори виділяють такі причини деградації водних ресурсів та погіршення їх якості:

- відставання змін у системі управління водним господарством від змін в економіці;
- недосконалість існуючої законодавчої бази;
- різке зменшення державного фінансування;
- відсутність дійових економічних важелів і стимулів ефективного використання і охорони водних ресурсів;
- висока водомісткість та низька екологічність технологічних процесів;
- необґрунтовано великі обсяги залучення у господарський обіг поверхневих та підземних вод;
- спрямованість водоохоронних заходів переважно на будівництво споруд для очищення стічних вод, а не на впровадження водозбережуваних технологій.

Таким чином, інтенсифікація процесів забруднення водних об'єктів, зокрема питної води, зумовлена фактичною недооцінкою водних ресурсів, недосконалістю законодавства щодо обмеження антропогенного впливу на водні екосистеми, відсутністю дієвого економічного стимулювання впровадження маловодних технологій та інноваційних методів очищення забруднених стоків. Вирішити ці проблеми можна, перейшовши на ринково-адміністративні методи їх регулювання.

*Нераціональність розміщення галузевих водомістких об'єктів.*

Потреби у прісній воді різняться та залежать від виду і потужності господарської діяльності у регіонах. Саме тому значне безповоротне споживання води спостерігається у Донецькому і Придніпровському економічних районах, Харківській, Одеській і Миколаївській областях. Найменші об'єми водоспоживання характерні для Закарпатської, Чернівецької, Тернопільської, Волинської та Херсонської областей. Промислові центри Донбасу і Придніпров'я, зрошуване землеробство Причорномор'я обумовили в цих регіонах найбільш напружений водогосподарський баланс: дефіцит водних ресурсів є тут головним стримуючим фактором господарського розвитку]. Обсяги водоспоживання у розрізі областей змінюються у широких межах. Основна частина обсягів води використовується промисловістю Київської, Дніпропетровської і Запорізької областей басейну Дніпра (58%), Харківської,

Донецької і Луганської областей басейну Сіверського Дінця (понад 25%), Вінницької області у межах басейну Південного Бугу (понад 5%).

Серед галузей національного господарства найбільшими споживачами води є:

- електроенергетика;
- житлово-комунальне господарство;
- сільське господарство;
- металургійна промисловість;
- хімічна та нафтохімічна промисловість.

При цьому найбільшим водокористувачем є електроенергетика, зокрема, значними втратами води характеризується атомна енергетика. Виходячи з цього, важливими завданнями галузі електроенергетики є модернізація та реконструкція діючих гідроелектростанцій, удосконалення систем водозабезпечення теплових електростанцій, впровадження нових водоощадних технологій.

Таким чином, галузева і територіальна структура промисловості України, в якій переважають базові галузі паливно-енергетичного, металургійного, оборонного комплексів і важкого машинобудування, зумовила гіпертрофований розвиток великих промислових центрів Придніпров'я, великих міст і агломерацій.

*Залежність економіки України від водних ресурсів, які формуються за її межами.* Україна – друга за територією держава в Європі (5,7 % території Європи), яка володіє досить обмеженими водними ресурсами, що формуються переважно за рахунок транзитного стоку (75%). Таким чином, при плануванні водогосподарських заходів потрібно враховувати той факт, що частина транзитного стоку використовується сусідніми країнами. Зокрема, 20% річкового стоку експортується в Молдову, Румунію, Угорщину, Словацьку Республіку, Польщу.

*Значна водомісткість економіки України.* Особливою рисою української економіки є її висока водомісткість. Споживання свіжої води на одиницю виробленої продукції в Україні набагато перевищує цей показник у розвинених країнах. Так, у Франції він менший у 2,5, у Німеччині – у 4,3, Великій Британії і Швеції – у 4,2 раза.

Таким чином, інтенсивність використання водних ресурсів досягла рівня, який значно перевищує екологічну місткість водоресурсного потенціалу країни. Загальний обсяг водозабору досяг 99% ресурсу прісних вод, які формуються на території України у маловодний рік, при цьому безповоротне водоспоживання становить більше 30%. Навіть у середні за водністю роки у 14 областях обсяг безповоротних втрат води перевищує екологічну місткість водоресурсного потенціалу, а у 7 областях – водоспоживання перевищує наявні ресурси у 2-16 разів. Значним є і середньодобове споживання води на 1 міського жителя України, яке становить 320 літрів за 1 добу, тоді як у містах Європи – 100—200 л. Крім того, приблизно 2 км<sup>3</sup> втрачається при транспортуванні, що дорівнює річному стоку Південного Бугу. Частка втрат

води при транспортуванні тільки у житлово-комунальній галузі становить 39% , де основна частина втраченої води є підготовленою для споживання.

### **Питання для самоконтролю**

1. Яким чином зазвичай проявляється обмеженість водних ресурсів?
2. Через які ознаки можна оцінити соціальне та еколого-економічне значення водних ресурсів?
3. Назвіть основними передумовами виникнення сучасних еколого-економічних проблем у сфері водокористування.
4. На яких принципах базується сучасна водна політика ЄС?
5. Яким чином можна оцінити обсяги повного водоспоживання за областями України?
- 6.

## **Тема 2. Аналіз впливу різних факторів на якість водних ресурсів України**

### **Мета заняття**

### **План заняття**

1. Аналіз якості забезпечення питною водою в Україні на сучасному етапі.
2. Аналіз впливу на стан здоров'я найбільш поширених забруднювачів питної води.
3. Класифікація питних джерел за категоріями водопостачання.
4. Аналіз аварійних антропогенних впливів на водні екосистеми.
5. Фактори забруднення води.

Основна мета управління водними ресурсами – забезпечення народного господарства водою при обов'язковій умові збереження біосфери.

В сталих екологічних системах завжди спостерігається замкнений цикл використання основних ресурсів. Продукти життєдіяльності одного організму є стравою для іншого. В зв'язку з цим, не проходить катастрофічних забруднень навколишнього середовища і всі основні ресурси, як правило, використовуються комплексно.

В природних системах завдяки відбору створюється така сукупність споживачів і користувачів природними ресурсами, при яких не виникає ні виснаження, ні забруднення його.

Штучні системи, які користуються природними ресурсами, і в першу чергу водою, повинні формуватись так, щоб не створювати ні виснаження, ні забруднення води.

Якщо в штучній системі неможливо зробити так, щоб відходи від одного підприємства служили сировиною для іншого, необхідно ввести в таку систему елементи, які б збирали невикористані відходи і використовували їх в інших системах.

В нашій державі впроваджується інженерно-екологічний напрямок водогосподарської діяльності, який вирішує не тільки задачу водозабезпечення, але й охорону водних та земельних ресурсів.

## 1.1 Розподіл води на Землі

Вода займає 70% поверхні земної кулі. Вона міститься в повітрі і на землі, утворює океани, річки і озера. Без води неможливе існування рослин, тварин і людей. Вода знаходиться в постійному русі — її кількість і якість змінюються у часі і просторі. Водні ресурси характеризуються віковими запасами та відновлюваними ресурсами.

До вікових природним запасам ( $\text{м}^3$ ,  $\text{км}^3$ ) прісних вод суші відносять води, що одночасно знаходяться в озерах, річках, льодовиках, а також у водоносних шарах гірських порід (підземні води). До поновлюваних водних ресурсів ( $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ,  $\text{км}^3/\text{рік}$ ) відносять ті води, які щорічно поновлюються в процесі кругообігу води на Землі (рис. 1.3), водообміну між сушею і океаном.

Випаровується під дією сонячної енергії з поверхні Світового океану вода надходить в атмосферу і повертається у вигляді атмосферних опадів. Частина випарувалася води переноситься повітряними течіями на сушу і, випадаючи у вигляді опадів, є основним джерелом формування вод суходолу — річок, озер, підземних вод, льодовиків. Частина атмосферних опадів, що випадають на суші, яка не встигає випаруватися знову повертається в океан через річки. Океан служить гігантським природним випарником і поставником прісної води на сушу. Беручи річковий стік, океан поновлюється кількісно і відновлюється якісно.

При наявності гідрологічних станцій і постів для вимірювання витрат води підраховується річковий стік і визначаються величини поновлюваних водних ресурсів.

Оцінка водних ресурсів за середнього річного стоку отримала широке поширення при плануванні використання води та оцінці водозабезпеченості.

При водогосподарському плануванні слід враховувати, що озерні, річкові, льодовикові, підземні води в процесі круговороту води в природі пов'язані між собою і переходять один до іншого.

Основним і єдиним для всіх видів вод вихідною ланкою кругообігу води в природі є атмосферні опади, які живлять озера, річки, льодовики і підземні води. Разом з цим річки живлять озера, підземні води та льодовики живлять річки

## 1.2 Екологія прісних поверхневих вод

Вода у відкритих водоймах являє собою природну середовище різноманітних організмів (гідробіонтів) рослинного і тваринного походження. Гідробіонти утворюють біоценози, склад яких обумовлений фізичними, хімічними і біологічними факторами.

Поверхневі води підрозділяють на

- поточні (річки);
- стоячі (озера, водосховища тощо).

Переміщення і перемішування води в озерах визначається головним чином дією вітру. У водосховищах розрізняють зони з гідрологічним режимом, близьким до річкового (верхів'я) та озерного (поблизу греблі).

Швидкість руху води водойми і окремих його ділянок істотно впливає на температурний режим. У швидкоплинних річках температура різних шарів води більш або менш однакова. При уповільненому протягом вода добре прогрівається на мілинах, але має більш низьку температуру на глибині. Температура води в річках швидко змінюється зі зміною сезонів року.

В озерах сезонні коливання температури відчувають верхні шари води. Навесні, прогріваючись до температури  $4^{\circ}\text{C}$ , при якій щільність води максимальна, верхні шари опускаються на дно, витісняючи більш теплу воду до поверхні. Підвищення температури верхніх шарів призводить до зменшення її щільності, в результаті чого верхній шар залишається на поверхні. Таким чином, виникає температурне розшарування води по глибині, називається стратифікацією. У зимовий час спостерігається зворотна стратифікація.



Вода збагачується киснем у результаті фотосинтезу та атмосферної реаерації. Кисневий режим у водоймі характеризує багато чинників, що визначають швидкості його розчинення і споживання. Верхні шари води більш насичені киснем, оскільки саме тут відбуваються фотосинтез і атмосферна репарація.

Води відкритих водойм різноманітні за хімічним складом і мікронаселенню. Мікронаселення складається з власного біоценозу і мікроорганізмів, які надійшли у водойму з забрудненнями і пристосувалися до існування в даному водоймищі.

У складних біологічних спільнотах, що формуються у водоймі, розрізняють два основних біоценозу: планктон і бентос.

• **Планктон** — це сукупність організмів, що населяють товщу води. Він представлений рослинними (фітопланктон) і тварин (зоопланктон) формами. Фітопланктон представлений переважно водоростями, масовий розвиток яких починається навесні. Потім з'являються зелені водорості, на зміну яким приходять ціанобактерії. Розвиток їх пов'язане з температурою води і зміною вмісту в ній окремих елементів.

Розміри планктонних організмів різні: ультрапланктон (бактерії), нанопланктон (дрібні водорості і найпростіші) і мікропланктон (більшість водоростей, інфузорії, коловертки, нижчі ракоподібні).

• **Бентос** — сукупність організмів, що мешкають на дні, в товщі донних відкладень або утворюють обростання на камінні, рослинах, палях і т. д.

Розрізняють макробентос (організми розміром більш 1 мм) і мікробентос (організми розміром менше 1 мм). Фітобентос мешкає тільки в водоймах з прозорою водою.

Складовою частиною екологічної системи водойми є вищі водні рослини (макрофіти). До них відносяться рдесник, кушир, елодея, з рослин з плаваючим

листям — горець земноводний і ряска, з надводних — очерет, рогіз, очерет. У заростях вищих рослин надзвичайно різноманітна фауна, представлена численними видами як мікрофлори, так і більш великих організмів.

Особливе значення має забруднення водойми патогенними мікроорганізмами і яйцями гельмінтів, що представляють небезпеку інфекцій через воду. Разом з суспензією патогенні організми і особливо яйця гельмінтів можуть частково осідати на дно. Вскаламутнення відкладень знову призводить до потрапляння їх у водне середовище. Здатність водойми протистояти цьому порушенню, звільнятися від внесених забруднень і відновлювати свої природні властивості і становить сутність самоочищення.

Самоочищення — це складний комплекс взаємопов'язаних хімічних, фізико-хімічних біохімічних процесів. Змішування стічних вод з водою водойми, що призводить до розбавлення стоку, сприяє процесам самоочищення.

Поряд з цим у водоймі протікають хімічні реакції гідролізу, нейтралізації, окислення. Наприклад, гідроліз солей заліза і алюмінію призводить до утворення гідроксидів цих металів, здатних до осадженню.

Нейтралізуюча здатність води водойми при виявленні забруднень речовинами кислого або лужного характеру.

■ До фізико-хімічних факторів самоочищення відносяться сорбція, коагуляція, розчинення, емульгування речовин. Наприклад, сорбція розчинених і колоїдних речовин зваженими частинками призводить до збільшення їх концентрації і підвищення швидкості хімічного або біохімічного окислення речовин. Осадження зважених частинок теж являє собою фізико-хімічний процес, так як супроводжується явищами агломерації, коагуляції, сорбції.

Процеси осадження тісно пов'язані з життєдіяльністю гідробіонтів. Вони вилучають з води величезні кількості суспензії, Гідробіонти, прискорюючи процеси осадження, сприяють очищенню води від суспензії та транзиту її в донні відкладення. Таким чином забруднення розподіляються між водним шаром і донними відкладеннями.

■ У самоочищення водойми біохімічна діяльність гідробіонтів домінує. Практично всі хімічні і фізико-хімічні процеси самоочищення прискорюються завдяки участі мешканців водойми. Сформовані тут співтовариства живих організмів реагують на вплив хімічних забруднень як одне ціле, як система, здатна впоратися з внесеними ззовні забрудненнями шляхом включення їх у біотичний кругообіг речовин у водоймі.

Здатність водойми до самоочищення не безмежна. Як всякий складний біохімічний процес біологічне самоочищення чутливе до зовнішніх впливів, у тому числі перевантажень, токсичних сполук і т. д.

При високій концентрації органічних речовин, що надходять у водойму, гідробіонти не встигають їх використовувати, внаслідок чого забруднення накопичуються і стан водойми різко погіршується. Токсичні сполуки, які порушують цілісність екологічної системи водойми, також знижують його здатність до самоочищення. Поглинання зоопланктоном бактерій, що утворюють певну ланку харчового ланцюга, стимулює життєдіяльність цієї ланки і тим самим підвищує роль бактерій у біотичному кругообігу.

За способом добування їжі серед зоопланктону розрізняють седиментаторів, фільтраторів і хижаків.

Видаляючи з води колоїди і дрібну зваж, фільтратори і седиментатори одночасно поглинають величезну кількість бактерій і водоростей, сприяючи освітлення води. Самі вони служать їжею хижому зоопланктону і риб.

### **Питання для самоконтролю**

1. Які фактори найбільш впливають на якість водних ресурсів України?
2. Які аварійні антропогенні впливи на водні екосистеми особливо небезпечні?
3. За яких умов виникає проблема вторинного хімічного та мікробіологічного забруднення води?
4. Які порушення у водогосподарській сфері є притаманними для сільського господарства?
5. Назвіть основні види антропогенного навантаження на водні басейни.

### **Лекція 3. Удосконалення інститутів якості питної води в Україні**

## Мета заняття

### План заняття

1. Економічний збиток від погіршення здоров'я населення як показний ефективності водокристування.
2. Методи оцінки збитку від нераціонального водокористування.
3. Оцінка якості підземних водних ресурсів.
4. Оцінка якості поверхневих водних ресурсів.
5. Науково-методичні підходи до економічної оцінки наслідків водоспоживання.

На основі аналізу останніх досліджень на рис. 2.1 нами наведено схему формування шкідливого впливу забрудненої питної води на здоров'я населення, що, у свою чергу, є складовою інтегрованого екологічно обумовленого економічного збитку від погіршення здоров'я населення. Одним із елементів впливу водних ресурсів на здоров'я населення є спричинення збитків за відсутності інформаційного сприйняття водних екосистем. Таке сприйняття природних ландшафтів та водних об'єктів покращує здоров'я і духовний розвиток населення. Інформаційно-естетичний напрям використання водних ресурсів у майбутньому може стати більш важливим, ніж їх матеріально-ресурсне використання. Розроблення науково-методичних підходів до оцінки економічного збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води обумовлене необхідністю:

- використання даних про обсяги збитку при обґрунтуванні та розробленні стратегічних програм загальнодержавного і регіонального рівнів щодо покращання стану водопостачання;
- одержання достовірної інформації про реальний збиток здоров'ю населення залежно від якості доступної питної води;
- оцінки наявного збитку на певній території від впливу забрудненої питної води після вжиття заходів із його зниження;
- ранжування районів та джерел водопостачання за обсягом наявного збитку з метою здійснення першочергових заходів з покращання якості води у найбільш проблемних регіонах;
- визначення страхової суми, достатньої для компенсації можливого збитку здоров'ю населення внаслідок споживання забрудненої питної води при виявленні порушень в організації питного водопостачання. Величина економічного збитку характеризує зниження ефективності використання робочого часу. В одному випадку забруднення навколишнього середовища приводить до прямої втрати робочого часу (праці): невихід на роботу через погіршення здоров'я частини працюючих, втрата частини продукції сільського або лісового господарства (зниження врожайності або продуктивності культур). В іншому – втрати мають непрямий характер:

суспільство змушене відволікати частину робочої сили на ліквідацію або запобігання наслідкам забруднення [96]. У зарубіжній літературі часто можна зустріти метод оцінки збитку, який ґрунтується на готовності населення платити за зниження ризику розвитку захворювань, але для України цей метод не знайшов свого застосування через значну градацію доходів населення. В основному збиток здоров'ю населення безпосередньо виражається у додатковій захворюваності та смертності, пов'язаних із впливом факторів навколишнього середовища. У натуральних показниках збиток може бути виражений як кількість додаткових випадків захворюваності та смертності, а також як кількість років життя, витрачених у результаті такої захворюваності та смертності [1].

2. Збиток від забруднення питної води можна оцінити через збільшення розміру витрат на очищення води і доведення її якості до еталона [2, с.136]:

$$Z = \sum_{i=1}^n (C_i + E_n K_i),$$

де  $Z$  - збиток, спричинений споживачам води внаслідок забруднення водного джерела, грн;

$C$  - поточні витрати (собівартість) на підготовку води для питних цілей, грн;

$K$  - капітальні вкладення у підготовку води, грн;

$n$  - число різних видів підготовки води, необхідних для одержання води необхідної якості;

$i$  - види підготовки води.

Перша частина виразу (2.1) включає так звані умовно постійні видатки на капіталовкладення, заробітну плату обслуговуючого персоналу, амортизаційні відрахування та поточний ремонт. Друга є умовно змінними витратами – на реагенти, електроенергію і воду, що використовується на власні потреби. До складу збитку від погіршення здоров'я, спричиненого забрудненням навколишнього середовища, включаються витрати на:

лікування (оплата медичного обслуговування, витрати на ліки, по догляду за хворим та харчування);

– відновлення здоров'я (вартість санаторно-курортного лікування, поліпшення харчування, інші витрати);

– відшкодування втрат із загальної і професійної працездатності;

– витрати у зв'язку із вимушеною зміною місця проживання з екологічних причин;

– збитки, яких зазнали потерпілі у зв'язку з упущеними реальними можливостями заняття професійною або іншою діяльністю, передчасним виходом на пенсію, психічними відхиленнями та моральною шкодою внаслідок забруднення довкілля.

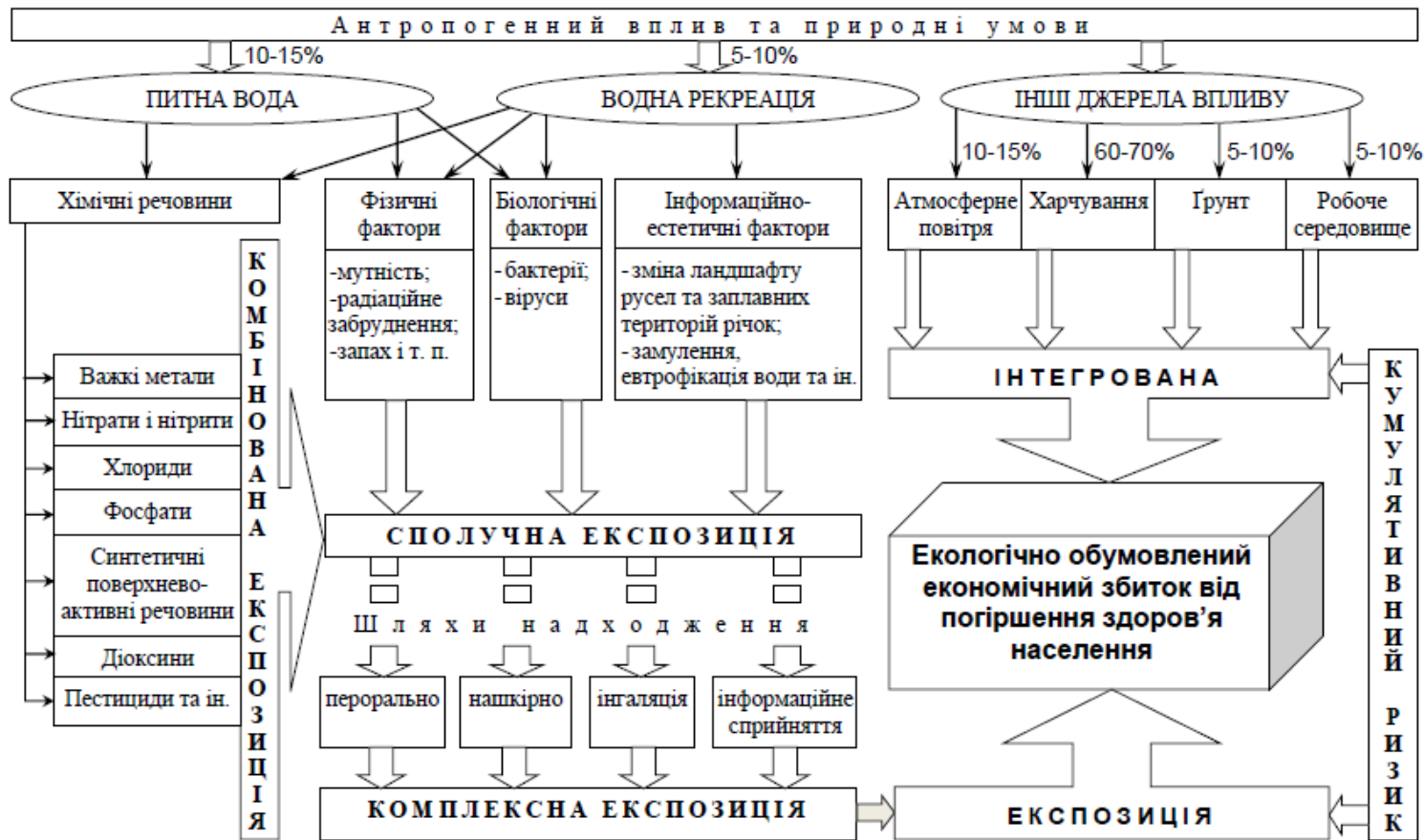


Рис. 1. Вплив води на екологічно обумовлений економічний збиток від погіршення здоров'я населення

На сьогодні розроблено декілька наукових підходів до оцінки збитків у водному господарстві. В основному це збитки від забруднення водних ресурсів, які враховують втрати у господарській діяльності, зокрема комунальному, сільському, рибному, лісовому господарствах, тоді як питома вага збитків від погіршення здоров'я населення внаслідок забруднення водних ресурсів досягає не менше 35% від загального збитку [50, с.10]. Отже, на наше переконання, першочерговим завданням стало водокористування є

задоволення потреб населення у якісній питній воді. Оцінка сумарного економічного збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води може базуватися на методичному підході до оцінки економічного збитку від екологічно обумовленого погіршення здоров'я населення [124, с.238]:

$$Z = Z_{\text{заг}} \cdot K_{\text{сер}} \cdot C_z \cdot K_{\text{ін}},$$

де  $Z$  – збиток від захворюваності населення, дол. США;

$Z_{\text{заг}}$  – загальна захворюваність населення регіону, випадків;

$K_{\text{сер}}$  – коефіцієнт частки захворюваності, пов'язаний із забрудненням навколишнього середовища;

$C_z$  – питомі витрати на один випадок захворювання, грн/випадок;

$K_{\text{ін}}$  – коефіцієнт приведення грошової оцінки до поточного часу, дол./грн.

Розрахунок збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води пропонується проводити за трьома наведеними вище категоріями водопостачання

$$Z = \sum_i Z_{\text{баз}} \cdot B_{\text{захв}} \cdot k_{z, \phi_i} \cdot N_i \cdot k_{\text{ін}\phi_i},$$

де  $Z$  – сумарний економічний збиток, що спричиняється погіршенням здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води, дол.;

$B_{\text{захв}}$  – середні витрати на один випадок захворювання, дол./випадок;

$i \text{ кз.в}$  – коефіцієнт приросту захворюваності населення внаслідок споживання забрудненої питної води;

$N_i$  – кількість наявного населення у сфері впливу  $i$ -ї категорії водопостачання, тис. чол.;

$Z_{\text{баз}}$  – базовий рівень загальної захворюваності населення регіону, випадків / тис. чол.;

$k$  – коефіцієнт, який враховує ступінь інформованості населення про рівень забруднення питної води, що постачається з водних джерел  $i$ -ї категорії водопостачання.

До збитку, що виникає внаслідок захворюваності населення, включені витрати на лікування у стаціонарі, в амбулаторних умовах, витрати на оплату бюлетенів і зниження національного доходу в результаті невиходу захворілого на роботу [2, с.272]. Середні витрати на один випадок захворювання будемо визначати таким чином:

$$B_{закт} = (B_{ст} + B_{ам}) / 2 + \Delta B_{д.в} \cdot k_{кп} + O_{л.нп}$$

де  $B_{ст}$  – витрати на стаціонарну медичну допомогу, дол.;

$B_{ам}$  – витрати на амбулаторно-поліклінічну допомогу, дол.;

$\Delta B_{д.в}$  – середнє зниження доданої вартості внаслідок невиходу на роботу, дол.;

$k_{кп}$  – коефіцієнт, що враховує частку непрацевдатного населення території (для Сумської області  $k_{кп}=0,73$ ; для України  $k_{кп}=0,75$ );

$O_{л.нп}$  – витрати на оплату листків непрацевдатності, дол.

Коефіцієнт, що враховує ступінь інформованості населення про екологічний стан питної води, є часткою населення, яке споживає воду з традиційних джерел водопостачання. Інформованість населення забезпечується цілеспрямованою санітарно-освітньою роботою серед населення шляхом застосування засобів масової інформації (радіо, телебачення, преса) та розповсюдженням спеціальної науково-популярної літератури.

3. Воду з підземних горизонтів можна вважати практично чистою. Артезіанські води знаходяться на значній від поверхні глибині, вони ізольовані водотривкими шарами і тому краще захищені від антропогенного впливу, а отже і менш забруднені, ніж поверхневі та ґрунтові води. Але урахуванням природних властивостей води, якості водопроводів і водопідготовки при водопостачанні можна спостерігати перевищення норм ГДК по залізу, марганцю, фтору, кальцію, нітратах, та інших сполуках, а також вірусах. Навіть за офіційними даними [80] в Україні мають місце локальні осередки забруднення підземних вод: нітратами – до 149,7 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК – 45), амонієм – до 13 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК – 1), залізом – до 4,94 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК – 0,3), а також є перевищення за загальною жорсткістю – до 25,2 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Внаслідок хлорування води можуть виникати шкідливі для здоров'я хлорорганічні сполуки – попередники діоксинів. Значна ймовірність забруднення води має місце через перебої у її подачі та аварійні ситуації, причиною яких в основному є зношення колекторів і водопровідних мереж. Тому немає підстав вважати воду з підземних горизонтів безумовно і абсолютно нешкідливою. Визначення середнього рівня кратності перевищення ГДК виконувалось за формулою

$$P_{сер} = \sqrt{\sum_i K_i}$$

де  $K_i$  – кратність перевищення ГДК  $i$ -ї шкідливої речовини, приведена до 3-го класу небезпеки.

Середній рівень перевищення ГДК забруднюючих речовин для підземних вод України, за нашими підрахунками, становить близько 4,5, що згідно з функціональною залежністю (додаток А, рис. А1) відповідає 5% збільшенню загальної захворюваності [75, с.29]. Підземними водами в Україні користується близько 15% населення, у Сумській області питною

водою з артезіанських свердловин забезпечується 70,7% міського населення [100].

4. Вода з поверхневих водойм, великих річок і озер за оцінкою гігієністів, є більш небезпечною для здоров'я населення порівняно з артезіанською, оскільки зрештою у поверхневі джерела потрапляють промислові, сільськогосподарські та муніципальні стоки. Аналіз багаторічних спостережень [33, с.70] за водними ресурсами басейну Дніпра показав, що його притоки в основному забруднені сполуками нітрогену (амонійними, нітратами, нітридами), важкими металами, нафтопродуктами та фенолами.

Високі концентрації важких металів зафіксовані у річках Горинь, Псел, Рось, Тетерев, Інгулець та ін. Наприклад, вміст міді у деяких випадках становить 36-96 ГДК, цинку і марганцю – 10-91 ГДК. Спостерігається погіршення якості води у р. Десна, де зафіксовано значні концентрації цинку (до 19 ГДК) і нафтопродуктів (до 32 ГДК). За показником хімічного споживання кисню (ХСК), за даними [80], станом на 2006-2007 роки також спостерігалися перевищення майже на всіх основних водозаборах країни, які досягали у воді р. Прип'ять – більше 5 ГДК, на питних водозаборах Київського водосховища, Дніпродзержинського водосховища (м. Комсомольськ), р. Гнилоп'ять (м. Бердичів), р. Тетерів (м. Житомир) – понад 2,5 ГДК, на питних водозаборах р. Рось (м. Біла Церква, м. Богуслав, м. Корсунь-Шевченківський), Кременчуцького водосховища (м. Черкаси, м. Кременчук, с. Світловодськ), Каховського водосховища (м. Нікополь) – біля 3 ГДК. Все це вказує на можливе бактеріологічне забруднення поверхневих джерел, у той час, як традиційні технології водопідготовки не гарантують видалення вірусів. Крім того, в Україні вода з поверхневих джерел в основному знезаражується хлоруванням та озонуванням, що сприяє різкому підвищенню утворення тригалометанів, галоформних сполук, вільних радикалів, альдегідів і т.п., які спричиняють несприятливий вплив на здоров'я населення і викликають віддалені біологічні ефекти. Середній рівень кратності перевищення ГДК шкідливих речовин для поверхневих джерел, за нашими даними, становить 10, що відповідає збільшенню рівня загальної захворюваності на 60 % (додаток А, рис. А1) [70]. Водою з поверхневих джерел користується, у тому числі для питних цілей, більше 70% населення України. У Сумській області вода цієї категорії для питних цілей не постачається. Ґрунтові води і наближені до них або гідравлічно пов'язані з ними, води мало захищених підземних горизонтів є найнебезпечнішими для здоров'я населення. Це вода з колодязів та наближених до поверхні мало захищених підземних горизонтів, а фактично, з ґрунтових вод переважно у сільській місцевості. Води даної категорії в основному забруднені пестицидами та з'єднаннями, що входять до складу мінеральних добрив. Підземні води подекуди є єдиним джерелом водопостачання сільського населення, при цьому 50% підземних вод, що подається тільки комунальними водопроводами, не відповідає чинному стандарту на питну воду. Виконані дослідження дозволили ранжувати хімічні речовини у



підземних водах за частотою відхилення від норм і правил в такому порядку: жорсткість (60%), сухий залишок (48%), сульфати (29%), залізо (17%), хлориди (12%), нітрати (9%), марганець (4%), фтор (4%), аміак (2%) [80]. Не меншою проблемою є бактеріологічне забруднення. До цього ж місцеві водопроводи сільських населених пунктів при водопостачанні рідко мають очисні споруди. Вода з водного джерела передається або у водонапірну споруду або безпосередньо у водорозподільну мережу. Шахтні колодязі у сучасних економічних умовах практично не очищаються та рідко перевіряються санітарно-епідеміологічними службами. За нашими даними, з урахуванням інформації, наданою санепідемстанціями, середня кратність перевищення ГДК забруднюючих речовин для питних вод даної категорії постачання досягає значення 20, що відповідає збільшенню загальної захворюваності у 2,6 рази (додаток А, рис. А1). Таким чином, населення у сільській місцевості в основному споживає питну воду з хімічними, побутовими відходами та відходами сільського господарства. У воді з підземних джерел спостерігаються певні види забруднень, пов'язані з місцевими умовами і станом водопроводів, а також відсутністю.

5. Для підтвердження відповідальності держави за стан здоров'я населення, яке залежить і від якості питної води, наведемо окремі зобов'язання, які ґрунтуються на статтях Міжнародного пакту про громадянські та політичні права [131, с.285-308]:

- зобов'язання поважати рівноправний доступ до води і засобів санітарії. Якщо люди не мають доступу до вже існуючих комунікацій, то це може бути розцінене як порушення зобов'язання поважати доступ до води і засобів санітарії. У той самий час, якщо відповідні комунікації відсутні, то необхідно вжити заходів для їх впровадження, а якщо влада не діє, то це може бути розцінене як порушення зобов'язання забезпечувати доступ людей до води і засобів санітарії;

- зобов'язання не перешкоджати забезпеченню водою і засобами санітарії. Найчастіше кошти на забезпечення водою та засобами санітарії є державними. Вважається, що діяльність приватних організацій або осіб у цій сфері є менш ефективною, ніж у сфері надання послуг, тому всю відповідальність за водопостачання та підтримку задовільних санітарних умов, як правило, несе держава;

- зобов'язання не перешкоджати наданню інформації про воду і засоби санітарії. Зокрема, влада не повинна перешкоджати поширенню інформації про можливі загрози для здоров'я, викликані забрудненням води;

- забезпечення водою і засобами санітарії. Держава зобов'язана забезпечити своїм громадянам доступ до чистої питної води і задовільних санітарних умов. Необхідні для цього заходи найчастіше вимагають створення інфраструктури на національному рівні, так що саме держава в ідеалі має виступати гарантом забезпечення такого доступу;

- забезпечення інформацією про воду і засоби санітарії. Це включає інформування населення про можливі ризики використання забрудненої води та про те, як безпечно користуватися засобами підтримки санітарії. Більш

того, держава має «поважати» здоров'я людей, а у ряді випадків «захищати» їх від збитків, які спричиняються третіми особами. Проблема компенсації шкоди, заподіяної здоров'ю населення внаслідок забруднення навколишнього середовища, у більшості країн, що розвиваються, може розглядатися у площині перерозподілу коштів, зібраних державою за різні види природокористування. Як свідчить практика, подібна система стягнення і розподілу платежів лише сприяє розпорошенню коштів, оскільки не має стимулювального ефекту для підприємств і не забезпечує повного відшкодування заподіяного збитку [121, с.56].

Розроблені науково-методичні підходи до оцінки економічного збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води можуть бути корисними страховим компаніям для визначення суми компенсації завданого збитку певній групі населення. Також збиток можна враховувати при формуванні цін на послуги водопостачання, що виконуватиме стимулювальну роль для водоканалів з приводу впровадження заходів щодо покращання якості питної води. Таким чином, наукові розробки інституціональних принципів забезпечення якості питної води повинні містити в собі:

- 1) систему норм, що гарантують медико-токсикологічну безпеку водоспоживання залежно від категорії водопостачання;
- 2) екологічну безпеку водокористувачів при різних способах використання питної води для господарських, рекреаційних, гігієнічних потреб і відведення стоків;
- 3) економічну ефективність водокористування за критерієм «результат мінус витрати» з урахуванням безпеки очищення і утилізації стічних вод та економії чистої прісної води.

Усі ці вимоги повинні становити систему законодавчих норм та економічних нормативів сталого водокористування народного господарства і населення країни. Уся інформація у сфері водокористування, включаючи і відхилення у її роботі, повинна бути загальновідомою і загальнодоступною, у формі, що дає можливість проведення як наукових досліджень і практичної роботи, так і суспільного контролю. У такий самий спосіб повинні бути розроблені інституціональні основи функціонування інших галузей господарювання. Така інституціональна основа дозволить Україні вже найближчим часом наблизитися до рівня розвинених країн. Одним із завершальних етапів регулювання водокористування в Україні має стати надання повноважень органам державного контролю за якістю питної води економічно оцінювати збитки, що спричиняються погіршенням здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води, та надавати рекомендації щодо розроблення і реалізації заходів, спрямованих на усунення та компенсацію цих збитків за кожною категорією водопостачання. Розвиток науково-методичних підходів до економічної оцінки наслідків водоспоживання за категоріями водокористувачів сприятиме формуванню економіки природокористування і охорони навколишнього середовища як

цілісного інституціонального комплексу для пошуку та обґрунтування оптимальних рішень із забезпечення високого рівня життя населення

### **Питання для самоконтролю**

1. В чому проявляється вплив води на екологічно обумовлений економічний збиток від погіршення здоров'я населення?
2. Яким чином оцінюється збиток від забруднення питної води?
3. Яким чином оцінюється середній рівень перевищення ГДК забруднюючих речовин для підземних вод України?
4. Які забруднювальні речовини є найбільш притаманними для поверневих водних ресурсів?
5. Яким чином розв'язується проблема компенсації шкоди, заподіяної здоров'ю населення внаслідок забруднення водних ресурсів?

## **Лекція 4. Розвиток сталого водокористування**

**Мета заняття:** усвідомлення головних чинників сталого розвитку водного господарства країни; розуміння наслідків антропогенного навантаження на водні ресурси; набуття навичок аналізу рівнів використання річкового стоку; опановування навичок розробки організаційної схеми забезпечення сталого водокористування.

### **План**

1. Сталий розвиток водного господарства.
2. Раціональне використання водних ресурсів як головний чинник економічного розвитку держави.
3. Розподіл антропогенного навантаження на водні ресурси.
4. Геолого-екологічна оцінка водного джерела.
5. Визначення критичних рівнів використання річкового стоку.
6. Організаційна схема забезпечення сталого водокористування

1. За останні роки активізувалися дослідження з питань сталого розвитку, пов'язані з вимогами оптимізації природокористування і оздоровлення стану природного середовища. Особливе місце у цьому процесі займають водні ресурси, тому що жодна сфера діяльності і життя людини неможлива без використання води. Нині водогосподарські і гідроекологічні проблеми України набули не тільки загальнодержавного, але й міжнародного значення.

Водний фактор став одним з головних чинників національної безпеки України. Конференцією щодо прісної води (Бонн, грудень 2001 р.) якість води визнана основним показником збалансованого розвитку суспільства, його безпеки й існування у цілому. Відповідно до проекту Концепції сталого розвитку України «сталий розвиток» – це процес розбудови держави на основі узгодження і гармонізації економічної, соціальної та екологічної складових з метою задоволення потреб сучасних і майбутніх поколінь. Проблема екологічних обмежень, компромісу між теперішнім та майбутнім споживанням повинна стати основною при розробленні соціально-економічної стратегії розвитку на довгострокову

перспективу для будь-якої країни . Сталий розвиток розглядають також як тип економіки, при якому належне місце приділяється екологічному «коридору» для збереження середовища існування людини. Ідея екологічного коридору визначається мінімальним (припустимим) запасом деякого відновного ресурсу [1]. Згідно із [2] стійкий стан – це такий стан, у якому корисність (або споживання) не знижується із часом та у якому ресурсами управляють таким чином, щоб зберегти виробничі можливості для майбутнього. Питанням сталого використання відновних природних ресурсів у науковій літературі приділяється значна увага.

Проте у сучасній теорії сталого розвитку досі залишаються не розробленими наукові підходи до визначення меж антропогенного впливу на основні параметри гомеостазу екосистем. Наприклад, Медоуз Д. вважає, що рівень антропогенного навантаження вже перевищив обґрунтовані межі самопідтримки екосистем та знаходиться у «несталій» зоні. З іншого боку, Саймон Дж. зазначає, що дефіцитні шоки, які виникають, – це лише тимчасове явище, яке спонукає до розвитку наукових інноваційних досліджень і стимулює подальше економічне зростання. На нашу думку, мова йде про вплив негативних та позитивних зв'язків, дію яких буде важливою умовою переходу України до сталого розвитку є побудова законодавчої бази на принципово новій основі. При цьому необхідно приділити увагу приведенню водного законодавства України у відповідність водному законодавству ЄС. Це може дати Україні такі переваги:

- 1) удосконалення ціноутворення як інструмента для акумулювання необхідних фінансових ресурсів та методу впливу на діяльність водокористувачів;
- 2) формування реальної господарської зацікавленості сторін у результаті спільної участі у процесі прийняття рішень;
- 3) забезпечення сталого водокористування і управління водними ресурсами, ефективніше управління на рівні річкових басейнів;
- 4) зменшення рівня забруднення водних об'єктів та покращання очищення стічних вод;
- 5) покращання стану здоров'я населення у зв'язку з поліпшенням якості питної води та води для купання, відновлення водних екосистем, поліпшення умов економічної діяльності.

Реформування народного господарства, а також розроблення відповідної еколого-економічної політики повинні передувати переходу України на позиції сталого розвитку. Для цього виділяють такі принципи, на яких має базуватися екологічна політика держави:

- принцип застосування додаткових заходів;
- принцип «забруднювач платить»;
- принцип сталості;
- принцип розподілу відповідальності;
- узгодження дій усіх груп суспільства.

Під сталим розвитком водного господарства розуміють такий стан водних об'єктів, гідротехнічних споруд і експлуатаційних заходів, який

відповідає вимогам: гарантованого постачання населення і галузей економіки країни якісною водою в необхідному об'ємі та режимі; стабільного відтворення й охорони водних ресурсів; запобігання шкідливому впливу розглянуто далі на умовному прикладі моделювання ринкової ціни води та рівня антропогенного навантаження на окремий річковий басейн. води; відновлення і збереження стійкості водних екосистем. Основою сталого розвитку економіки держави з позиції водокористування є розроблення теоретико-методологічних основ оцінки і нормування антропогенного навантаження на водні екосистеми з урахуванням основних видів водокористування, здійснення водогосподарсько-екологічного районування території України, а також наукове обґрунтування системи заходів для екологічно безпечного водокористування .

2. Сучасний стан водних ресурсів регіонів України змушує замислитися над зміною пріоритетів водокористування. Для цього необхідно сформувавши економічний механізм раціонального водокористування, який би відповідав

умовам сталого розвитку. Одним із найголовніших чинників сталого економічного розвитку держави є раціональне використання водних ресурсів. Як зазначено у [3], практика управління водним господарством, що існує на даний час, практично не враховує зв'язок між якістю водних ресурсів і здоров'ям населення, завданням збереження навколишнього середовища й економічним розвитком країни, що суперечить принципам сталого розвитку. Досягнення збалансованого управління водними ресурсами можливо, на нашу думку, за умови трансформації основних принципів політики природокористування у такий спосіб:

- від платежів за відбір і скиди до ліцензій за необхідні обсяги води;
- від принципів регіонального управління до принципів басейнового управління;
- від витратної цінової політики до впровадження ринкових принципів ціноутворення на воду;
- від місцевого нормування до басейнового екологічного нормування.

Ключовими стратегічними завданнями, ефективне вирішення яких дозволить удосконалити механізм управління водними ресурсами відповідно до принципів сталого розвитку, є :

- законодавче врегулювання прав власності на природні ресурси;\_\_
- удосконалювання еколого-економічного механізму фінансування й реалізації водоохоронних заходів;
- розроблення діючих механізмів управління транскордонними водними ресурсами із використанням міжнародного досвіду;
- перехід на маловодні технології, зміна моделей виробництва й споживання;
- комплексний облік взаємозалежних з водокористуванням факторів;
- інформування і посилення впливу суспільства на процеси водокористування;

- виключення функціональних і нормативно-законодавчих протиріч у структурах управління водними ресурсами;
- формування адекватних інституціональних основ водокористування;
- розширення інституціональних і суспільних можливостей в управлінні водними ресурсами;
- удосконалення системи моніторингу за процесами водокористування;
- формування й доступність повних і достовірних баз даних антропогенного впливу на водні ресурси.

3. Економіка сталого розвитку диктує перш за все необхідність ефективного розподілу та використання водних ресурсів. З метою сприяння сталому регіональному розвитку управління процесами водокористування необхідно здійснювати у просторово-часовому континуумі. Тобто для збереження відновлювальних та асиміляційних властивостей водних джерел ефективним буде розроблення стратегії управління розподілом антропогенного навантаження на водні ресурси у часі. Тоді як для цілей підвищення раціоналізації водокористування потрібно створити конкурентні умови для ринкових суб'єктів-водокористувачів з метою оптимізації їх розподілу за наданими для ринкової алокації обсягами споживання води та відведення забруднених стоків. *Управління розподілом антропогенного навантаження на водні ресурси.* Проблема сталого водокористування перш за все ототожнюється з

проблемою нормування у часі скидів забруднених вод та обсягів відбору води з природних джерел. Економіко-екологічне нормування є ключовою проблемою формування екологічної безпеки населення і розподілу водних ресурсів між поколіннями. Норми загального антропогенного навантаження будуть відрізнятися для різних водних джерел і залежати від їх захищеності, поточного стану та асиміляційних можливостей.

Очевидно, що встановлення норм водокористування пов'язано із законом обмеженості природних ресурсів: усі природні ресурси (і умови) Землі вичерпні. Земля (планета) – природне обмежене ціле, і на ній не можуть існувати нескінченні складові частини. Звідси виходить, що категорія невичерпних ресурсів виникла як непорозуміння. Такий ресурс, як прісна вода, насамперед обмежений у просторі і часі оптимальними, з точки зору сталого використання, нормами. При обґрунтуванні меж антропогенного впливу на водні екосистеми необхідно враховувати достатню кількість факторів впливу. Інтегральними показниками, які визначають величину антропогенного навантаження, можна вважати рівень використання річкового стоку та якість води, або інтенсивність надходження у водну екосистему забруднених стічних вод за певний інтервал часу. При цьому якість води буде залежати від обсягу водного джерела. Асиміляційний потенціал водних екосистем залежить від об'єму води у природному джерелі. Чим більше витрачається води на господарські потреби, тим менша здатність водної екосистеми до самовідновлення. Якщо водойма знаходиться на межі виснаження, то необхідно одночасно підвищувати і плату за відбір води, і

плату за скиди забруднюючих речовин. Деякі вчені спрощують поняття «навантаження», трактуючи його як «кількість речовини, яка поступає у водойму за період часу, що розглядається ...». При цьому формується навантаження як за рахунок розосередженого виносу речовин зі всієї площі водозбору, так і за рахунок точкових скидів очищених і неочищених стічних вод промислових, муніципальних та сільськогосподарських підприємств. Забруднення води, як і її кількісне виснаження, призводить до зміни екосистеми річки, але при зменшенні забруднення екосистема відновлюється. Це відбувається до певної межі забруднення. Критичною межею антропогенного навантаження можна вважати прогресуючу евтрофікацію водних об'єктів, яка первинно може бути спричинена скидами сполук азоту або фосфору. На завершальних стадіях евтрофікації спостерігається виникнення безкисневих зон, заморних явищ, зменшення рибних запасів, забруднення води токсичними речовинами у результаті «цвітіння води». Забруднення та евтрофікація – процеси взаємозв'язані: забруднення може сприяти пригніченню гідробіологічних процесів, а евтрофікація на завершальних стадіях свого розвитку може викликати забруднення водного об'єкта.

4. Необхідно зазначити, що відповідність водоспоживання умовам сталого розвитку можна забезпечити, якщо норми використання водних ресурсів не будуть перевищувати несучої здатності водних об'єктів. Інакше кажучи, швидкість забору води з природного джерела не повинна перевищувати темпи його відновлення

$$\frac{dN}{dt} \leq \frac{dV}{dt}$$

Для реалізації даної умови необхідно проводити геолого-екологічну оцінку водного джерела і рекомендувати норми його природного відтворення. Таким чином, знаючи загальний об'єм водного об'єкта і темпи його відновлення, можна рекомендувати норми забору води. Екологічно обґрунтоване навантаження на річковий стік має враховувати також коливання стоку річок, яке є необхідною умовою для багатьох екологічних процесів. Зокрема, збереження біорізноманітності у заплавах річок потребує підтримання природної варіабельності гідрогеологічного режиму. Результати спектрально-часового аналізу емпіричних даних про коливання стоку річок світу свідчать, що коефіцієнт зміни стоку менший для великих річок і більший для малих. Це означає, що норми сталого відбору доцільно диференціювати відповідно до величини річки. Малі річки будуть більш чутливими до навантаження на річковий стік, оскільки коефіцієнт варіації їх стоку буде більшим, ніж для великих річок, а, отже, для зменшення екологічного ризику норми антропогенного навантаження для малих річок мають бути меншими. Цей висновок підтверджується й іншими дослідниками. Деякі автори стверджують, що «у басейнах малих річок формується понад 60 % водних ресурсів країни. Процеси формування якості

води у малих річках значно більше залежать від стану водозбору, ніж у середніх чи великих. Тому екосистеми малих річок є більш уразливими як при прямому впливі забруднень, так і при опосередкованому впливі господарської діяльності на їх водозборах». Підтвердженням цього є вже існуючі проблеми існування малих річок в Україні, екологічний стан яких переважно поганий (88%), дуже поганий і катастрофічний.

Саме тому встановлювати допустиме навантаження на річкові стоки потрібно, на наш погляд, залежно від водозбірної площі та природних особливостей річкового басейну. Такий підхід можна реалізувати за допомогою експертного методу, визначивши такі безпечні рівні антропогенного навантаження на річкові системи, які наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Екологічно обґрунтовані рівні антропогенного навантаження на річкові екосистеми залежно від площ водозборів

Градації площ водозбору, км <sup>2</sup>	Допустимий рівень використання річкового стоку, %
<b>Малі річки</b>	
до 2000	до 10
<b>Середні річки</b>	
2000-50000	до 15
<b>Великі річки</b>	
більше 50000	до 20

Наведена градація екологічно обґрунтованих рівнів використання річкових стоків дасть змогу дещо розвантажити річкову мережу України і оптимізувати водокористування. Аналіз сучасного стану водокористування показав, що поряд із проблемою обґрунтування норм забору води з природних джерел існує не менш актуальна проблема оптимального лімітування скидів неочищених та недостатньо очищених вод. Тут все залежить від ступеня асиміляції водними екосистемами забруднюючих речовин, а також від ступеня токсичності і кількості відходів. Якщо темпи забруднення водних об'єктів будуть перевищувати темпи їх асиміляційної здатності то можливі такі наслідки: зменшується здатність водних екосистем асимілювати у майбутньому відходи попередніми темпами; зменшується здатність водних джерел забезпечувати економіку водними ресурсами. Отже, фундаментальну властивість сталості можна сформулювати таким чином:

$$\frac{dW}{dt} \leq \frac{dA}{dt}$$

5. Щодо встановлення критичних рівнів використання річкового стоку існує декілька теоретично-методичних підходів. Так, спираючись на експериментальні дані, Комітет з водних проблем Європейської економічної комісії ООН вважає, що інтенсивність водокористування задовільна, якщо відбирається менше 10% річкового стоку.



При використанні більше 10%, але менше 20% річкового стоку необхідні обмеження водокористування і здійснення заходів з регулювання стоку. Якщо ж використання води перевищує 20%, то водний об'єкт не може забезпечити соціально- економічний розвиток території. Європейське екологічне агентство межею водозабору між сталим та несталим використанням вважає 40% річкового водозабору стосовно існуючих місцевих ресурсів. Яцик А.В.[5,6] зазначає, що «при заборі води з річки більше 10% її стоку різко зменшуються самоочисні спроможності річки», тобто «вилучаючи водні ресурси об'ємом більше 10 % (правило десяти процентів, або Закон піраміди енергій Р. Ліндемана), річкова екосистема втрачає здатність до самовідновлення». При цьому рівень навантаження на водні ресурси запропоновано визначати за коефіцієнтом виснаження водоресурсного потенціалу ( $K_{висн}$ ), який відображає відношення фактичних показників виснаження водних ресурсів річкового басейну до науково обґрунтованого нормативу забору води з джерела (за умови скидання чистих стічних вод). За норматив забору води взято 10 % об'єм води від річкового стоку за 1 рік.

$$K_{висн} = \frac{V_{бп} + V_{носс} + V_{босс}}{V_{нз}}$$

де  $V_{бп}$  – об'єм безповоротного водоспоживання, м<sup>3</sup>;

$V_{носс}$  – об'єм недостатньо очищених стічних вод, м<sup>3</sup>;

$V_{босс}$  – об'єм стічних вод без очищення, м<sup>3</sup>;

$V_{нз}$  – нормативний об'єм забору води з річкового басейну, м<sup>3</sup>.

Недоліком запропонованого коефіцієнта є те, що його доцільніше було б розбити на два: коефіцієнт виснаження за рахунок безповоротного водоспоживання та коефіцієнт виснаження за рахунок неочищених та недостатньо очищених стічних вод. При цьому їх можна навіть сумувати при відповідній вазі. Але, незважаючи на вищезазначене, цінність такого підходу досить значна. Використовуючи правило 10%, можна визначити оптимальні норми забору та забруднення води. На цій основі пропонується розробити метод, який дозволить розраховувати як норми забору води, так і норми скидів забруднених вод для будь-яких природних джерел басейну, що розглядається, враховуючи сезонні коливання річкового стоку. Для цього, по-перше, необхідно обґрунтувати питому вагу об'єму безповоротного водоспоживання  $V_{бп}$  і об'єму скиду забруднених вод  $V_{зв}$ . Узагальнюючі снуючі науково-методичні підходи до управління розподілом нтропогенного навантаження на водні ресурси та оптимізацією їх ринкової алокації, у загальному вигляді організаційну схему забезпечення сталого водокористування можна представити у вигляді на рис.1.

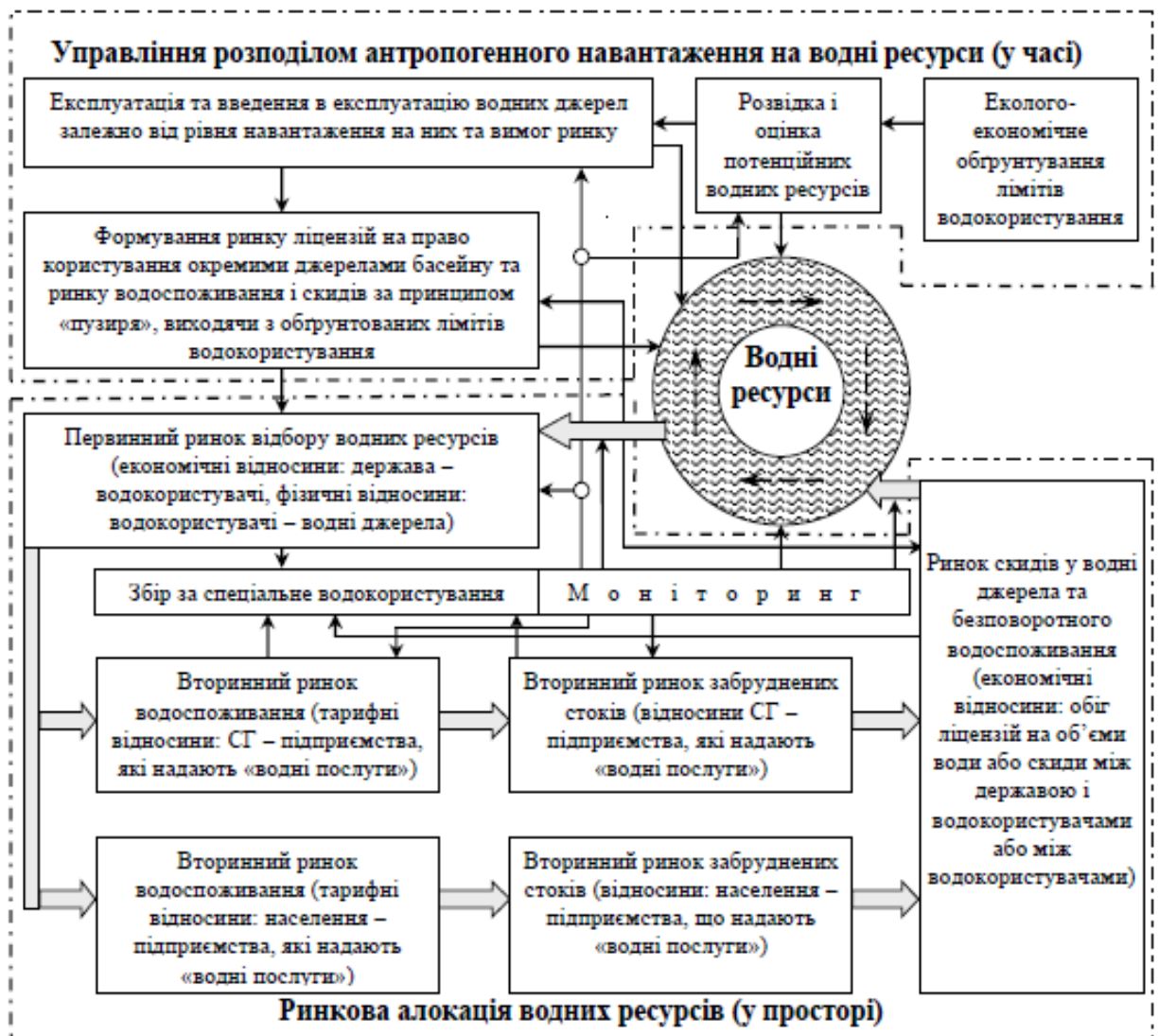


Рис. 2.5. Організаційна схема забезпечення сталого водокористування

На першому етапі розподілу у схемі враховано принципи сталого водокористування, а на другому – ринкові механізми, які мають розподіляти квоти води між ринковими суб'єктами. Запровадити у практику проаналізовані підходи до управління водними ресурсами можна шляхом удосконалення організаційно-економічного механізму водокористування.

### Питання для самоконтролю

1. Які переваги надає приведення водного законодавства України у відповідність водному законодавству ЄС?
2. Що є основою сталого розвитку економіки держави з позиції водокористування?
3. Яким чином можна досягти збалансованого використання водних ресурсів?
4. Яким чином закон Парето застосовується для оцінки оптимальності використання водних ресурсів?

5. Яким чином розподіляється антропогенне навантаження на водні ресурси (у часі)?

### Література

1. Паламарчук М. М. Водний фонд України : довідковий посібник/ М. М. Паламарчук, Н. Б. Закорчевна; за ред. В. М. Хорєва, К. А. Алієва. К. : Ніка-Центр, 2001. 392 с.
2. Тугай А. М. Водопостачання : підручник / А. М. Тугай, В. О. Орлов. К. : Знання, 2009. 735 с.
3. Яцик А. В. Водогосподарська екологія : у 4 т., 7 кн. К. : Генеза. Т.3, кн. 5. 2004. 496 с.
4. Matsenko O. M. Trends of Enterprises Transformation in Transition to the Information Society / L. Melnyk, O. Matsenko // Enterprise management. Theory and Practice : papers of X Jubilee international scientific conference, November 22-23, 2007. — Cracow, 2007. — P. 179—184.
5. Хвесик М. А. Водні ресурси у промисловому комплексі України / М. А. Хвесик, І. М. Кирпач. К. : РВПС України НАН України, 2004. 56 с.

### Лекція 5. Водогосподарські структури та їх вплив на навколишнє середовище

**Мета заняття:** розуміння значення водогосподарських комплексів для економіки України; усвідомлення процесів формування водогосподарських структур; розуміння значення комплексних гідровузлів для гідроенергетики, судноплавства, водопостачання, зрошення та боротьби з повенями; усвідомлення значення водосховищ у використанні водних ресурсів; засвоєння особливостей застосування каналів в комплексному використанні водних ресурсів.

### План

1. Водогосподарський комплекс як складова ланка народногосподарського комплексу країни.
2. Формування та значення водогосподарських структур.
3. Комплексні гідровузли.
4. Водосховища, їх значення у використанні водних ресурсів. Наслідки руйнування Каховської ГЕС.
5. Канали та їх значення в комплексному використанні водних ресурсів.

1. В Україні сформувались і функціонують такі виробничо-територіальні комплекси, як машинобудівний, вугільно-металургійний, паливно-енергетичний, лісопромисловий, аграрно-промисловий, комплекс будівельної індустрії та інші. Кожен із них є складним структурно-системним утворенням, до якого належать простіші спеціалізовані комплекси і системи.

Однією із важливих складових ланок єдиного народногосподарського комплексу країни є і **водогосподарський комплекс (ВГК)**, який охоплює всю територію країни, оскільки жодна сфера життєдіяльності населення неможлива без використання водних ресурсів.

Початок формування ВГК покладено державним планом електрифікації Росії (будівництво ТЕС і ГЕС, гідромеліоративні роботи та інш.) були пов'язані з використанням у значних розмірах водних ресурсів. Водогосподарські заходи, що мали спочатку галузевий характер, поступово переросли у складні водогосподарські рішення, що за-безпечували комплексне використання водних ресурсів. У повоєнний період водогосподарське будівництво набуло ширшого розмаху — був сформований складний водогосподарський комплекс із властивою йому територіальною, функціональною і галузевою структурою, органами управління та контролю. Проте як ланка єдиного народногосподарського комплексу він ще недостатньо вивчений (не розроблені теоретичні основи водогосподарського комплексоутворення, типізації та ієрархічної структури; немає чіткого визначення його територіальної, функціональної і галузевої структури; недостатньо досліджені комплексоутворюючі фактори; не створений єдиний понятійний апарат та не вирішені інші питання). Причина – недостатність комплексоутворюючого процесу.

Водні ресурси, як один із видів природних ресурсів вивчаються гідрологами. Проблеми регулювання стоку і використання водних ресурсів різними галузями народного господарства вирішують спеціалісти установ водогосподарського профілю і юристи. Водні ресурси та їх використання були предметом вивчення економічної географії в основному в двох аспектах: забезпеченість водою як економічний фактор розвитку районів і територіальної структури окремих галузей народного господарства; водне господарство досліджувалось як інтегратор різних видів господарського використання водних ресурсів на емпіричній основі.

У сучасній науковій та учбовій літературі деякі автори під ВГК розуміють систему соціально-економічних і технічних заходів з використання водних ресурсів; інші вважають, що ВГК - складна міжгалузева територіальна система, яка охоплює просторове (територіальне) сполучення ресурсів води і підприємств з її підготовки та безпосереднього використання в народному господарстві; дехто ВГК визначає як водогосподарську систему, що складається із сукупності об'єктів, підприємств, зв'язків між ними, які динамічно розвиваються у сполученні з певними природними умовами; є й такі автори, які водо-господарським комплексом називають гідровузол і водосховище з усіма супутними спорудами, або систему гідровузлів і водосховищ, які містяться в одному або кількох річкових басейнах, гідравлічно зв'язаних між собою і створених для оптимального використання водних ресурсів основними водоспоживачами і водокористувачами.

Розглядаючи ВГК як складову єдиного народногосподарського комплексу країни, слід визнати, що всі ці визначення не відбивають суті комплексу в економіко-географічному розумінні. Тому під

*водогосподарським комплексом слід розуміти складне системно-структурне утворення, яке включає водні ресурси, водокористувачів, органи управління та контролю і характеризується певною функціональною, галузевою і територіальною структурою.*

У масштабах країни функціонує єдиний ВГК. В окремих великих її частинах – обласні і міжобласні ВГК, а також ВГК на базі водогосподарських систем, які обслуговують не одну, а декілька адміністративних областей. На відміну від загальнодержавного ВГК такі комплекси слід називати *регіональними водогосподарськими комплексами (РВГК).*

Як і інші ланки єдиного народногосподарського комплексу країни, ВГК має власну сировинну базу — водні ресурси і власний (властивий лише йому) виробничий процес підготовки води до різних видів використання, тобто вода вже є продукцією ВГК, яка відпускається або надається користувачам в установленому порядку відповідно до водного законодавства. Основні теоретичні положення водогосподарського комплексоутворення:

- Водогосподарське комплексоутворення ґрунтується на усупільненні та територіальній інтеграції промисловості, інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, комунальних служб і концентрації населення. Процесу водогосподарського комплексоутворення властиві об'єктивні закономірності, в результаті дії яких у конкретних умовах формуються РВГК певних типів.
- Основними комплексоутворюючими факторами формування ВГК є рівень водозабезпеченості та необхідність задоволення потреб у воді населення, промисловості, сільського господарства, гідроенергетики, водного транспорту та інших водокористувачів.
- Особливості територіальної організації окремих типів РВГК нерозривно пов'язані з їх структурою.
- Територіальна організація ВГК є сукупністю функціонуючих водогосподарських систем різних типів і окремих водогосподарських об'єктів.
- Функціонування і подальший розвиток ВГК мають базуватися на інтересах єдиного господарського комплексу держави, кількісних і якісних характеристиках водних ресурсів, необхідності їх раціонального і комплексного використання, охорони та відтворення.
- Регіональні водогосподарські комплекси являють собою територіальні частини єдиного водогосподарського комплексу, який є невід'ємною складовою єдиного народногосподарського комплексу держави.

*Водогосподарська система (ВГС) — це сукупність гідравлічно пов'язаних водних об'єктів і водогосподарських споруд, сумісне функціонування яких спрямоване на оптимальне задоволення запитів водокористувачів.* Порівняно з РВГК водогосподарська система охоплює меншу кількість галузей або навіть одну, тобто це простіше водогосподарське утворення. Прикладами ВГС є канали Дніпро—Донбас (рис. 3.1), Сіверський Донець—Донбас, Північно-Кримський та інші, зрошувальні, обводнювальні та

осушувальні системи, а також сукупність Дніпровських гідровузлів (ВГС Дніпра) тощо.



Рис. 3.1 – Схема каналу Дніпро-Донбас

У минулому інтегратором різних видів господарського використання водних ресурсів називали *водне господарство*, трактовка якого була різна: як сукупність заходів, як галузь народного господарства. Деякі дослідники водне господарство визначають як динамічну і складну за структурою галузь суспільних відносин в області, яка пов'язана з водними ресурсами.

За сучасних умов використання водних ресурсів уже не може здійснюватись окремими галузями незалежно одна від однієї без урахування кількості та якості води, її охорони та відтворення. Тобто використання водних ресурсів має бути скореговане в інтересах всього народногосподарського комплексу. Така роль і відводиться водогосподарському комплексу, хоча наведені вище визначення водного господарства наближаються до поняття ВГК, але все ж не відображають його суті.

Поняття «водогосподарський комплекс» ширше, ніж поняття «водне господарство», яке є лише ланкою **ВГК**. **Під водним господарством слід розуміти сукупність галузей народного господарства (водокористувачів), які використовують водні ресурси.** Отже, водне господарство інтегрує різні види використання водних ресурсів; до нього належить і боротьба зі шкідливою дією вод.

Водогосподарським комплексам, як і іншим територіально-виробничим комплексам, властива певна територіальна, функціональна та галузева структура.

*Територіальна структура* відображує певні поєднання водних ресурсів і учасників водогосподарського комплексу, котрі склалися внаслідок територіальної концентрації виробництв, формування промислових районів,

зростання великих міст, інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та можливостей задоволення їх потреб місцевими водними ресурсами.

*Функціональна структура* характеризується співвідношенням і значенням певної сукупності водних ресурсів і учасників водогосподарського комплексу в структурі ВГК певної території та їх значенням як комплексоутворювального фактора.

*Галузева структура* відображує склад учасників ВГК, співвідношення між ними за кількістю води, яка використовується, вартістю продукції, що виробляється, або основних виробничих фондів, питомими капіталовкладеннями, впливом на кількісні й якісні характеристики водних ресурсів і на навколишнє середовище.

Регіональні водогосподарські комплекси формуються під впливом численних факторів: переважаючого напрямку (спеціалізації) господарства і ступеня його розвитку, щільності розташування населених пунктів і чисельності населення; забезпеченості транспортними шляхами; особливостей природних умов, основними серед яких є кліматичні, гідрологічні, ґрунтові, гідрогеологічні, геоморфологічні тощо.

*Господарсько-економічні та природно-історичні умови* визначають відмінність РВГК і ВГС за направленістю, складом учасників, об'ємом заходів і перспективами подальшого розвитку.

Одним із важливих завдань при вивченні РВГК є їх *типізація*. Як правило, кожний РВГК охоплює різні види водокористування; їх набір і кількісні співвідношення змінюються в широких межах. А це означає, що можуть бути різні варіанти організації РВГК або різні їх типи. Наприклад, на території України можна виділити певні типи РВГК за ведучими учасниками: водопостачання населення і промисловості (Донбас), гідроенергетика і боротьба зі шкідливою дією вод (Карпатський регіон), зрошувальне землеробство і водопостачання (південні області), осушувально-зволожувальні меліорації (північні області) та ін.

2. Як уже зазначалось, регіональні водогосподарські комплекси і системи формуються під впливом численних факторів та охоплюють різні види водокористування. Порівняно з нарізним використанням водних ресурсів в інтересах окремих галузей, використання їх у сформованих РВГК і ВГС значно ефективніше. Це виражається у підвищенні продуктивності праці, зниженні вартості продукції та розвиткові комбінованого виробництва.

Галузі народного господарства, які використовують водні ресурси або мають певні вигоди від водогосподарських заходів, називаються *учасниками ВГК чи ВГС*.

При формуванні РВГК і ВГС бажано дотримуватись таких вимог:

- найповніше забезпечувати запити їх учасників як за кількістю води, так і за якістю;
- не допускати погіршення природних умов і гарантувати охорону водотоків і водойм від забруднення та виснаження;
- забезпечувати найвищу економічну ефективність для всіх учасників;

- гарантувати простоту і разом з тим надійну експлуатацію всієї сукупності гідротехнічних споруд (гребель, гідростанцій, насосних установок, каналів, трубопроводів, різних споруд на розподільчій мережі та ін.), забезпечуючи при цьому їх довговічність.

Залежно від значимості завдань, які вирішуються при формуванні РВГК чи ВГС, серед їх учасників є *основні* (або ведучі), інтереси яких переважають, і *супутні*.

Між окремими учасниками РВГК і ВГС встановлюються певні співвідношення, які з часом можуть змінюватись. Прикладом може бути водогосподарська система Дніпра, коли на початкових стадіях формування ВГС основними учасниками були гідроенергетика і водний транспорт. Пізніше основними учасниками стали комунально-побутове і промислове водопостачання, зрошувальне землеробство, рибне господарство й інші галузі, а гідроенергетика та водний транспорт за значимістю поступово відійшли на останні місця.

Формування РВГК і ВГС досить складне завдання. При цьому необхідно враховувати три пов'язані між собою фактори: природний, економічний та технічний.

*Природний фактор* (водні ресурси, місцеві природні умови) зумовлює можливості функціонування та розвитку комплексу чи системи, визначає позитивний та негативний їх вплив на довкілля.

*Економічний фактор* (інтереси виробництва та соціального розвитку, водогосподарський баланс) враховує інтереси всіх зацікавлених галузей і окремих водокористувачів; він має забезпечувати максимальний економічний ефект і мінімальні втрати при недоодержанні води та об'єктивний розподіл сумарних капіталовкладень і витрат.

*Технічний фактор* визначає технічні рішення, які сполучають роботу гідротехнічних споруд і різних заходів, що забезпечують функціонування комплексу чи системи в конкретних місцевих умовах.

Вирішення суперечностей між водокористувачами відбувається в процесі формування РВГК і ВГС, їх усунення є однією із важливих умов оптимального функціонування регіональних водогосподарських комплексів і систем.

Значна увага питанням взаємної узгодженості вимог до водних ресурсів різних користувачів, які входять до РВГК і ВГС, має приділятися при складанні схем і програм комплексного використання й охорони водних ресурсів річок і регіонів.

Ступінь узгодженості або допустимості суперечностей для окремих водокористувачів у комплексі (системі) оцінюють з урахуванням: оборотності (чи необоротності) використаної води; характеру використання водних ресурсів у часі; технічних вимог водокористувачів до водного джерела відносно витрат і рівнів води, глибин, швидкостей течії й, особливо, якості води.

*При плануванні та створенні РВГК і ВГС необхідно кожен річковий басейн розглядати як єдину природну систему, всі елементи якої (річки,*



струмки, стави, водосховища, болота, підземні води) взаємопов'язані і перебувають у своєрідній гідрологічній рівновазі. Тому при частковому використанні одного або кількох елементів недопустиме порушення нормальної діяльності системи в цілому.

Робота водогосподарських комплексів і систем, методика їх створення та управління ними залежить від коливання водних ресурсів у часі.

*Специфіка роботи водогосподарських комплексів і систем полягає в тому, що зміна кількості наданої користувачам води зумовлюється нерівномірністю не тільки її використання, а й коливаннями стоку.* Якщо, наприклад, теплоелектростанція узгоджує свою роботу зі змінами у споживанні енергії, то водогосподарська система має приводити у відповідність дві величини, які коливаються, — попит на воду та її пропонування. Через це виникає потреба в регулюванні стоку; ускладнюються добір доцільного складу учасників і визначення параметрів ВГК чи ВГС, а також методи інженерного розрахунку режиму їх роботи й ефекту.

Для досягнення найефективнішого використання водних ресурсів, вибору оптимальних параметрів і режиму роботи регіонального водогосподарського комплексу чи системи необхідно глибоко і всебічно проаналізувати ряд питань із урахуванням перспектив розвитку не тільки окремих галузей водного господарства, а й господарства в цілому.

Склад учасників і параметри водогосподарського комплексу (системи) мають бути економічно обґрунтованими. Оптимальним буде таке задоволення вимог водокористувачів, за якого забезпечується найбільший сумарний народногосподарський ефект.

3. Технічним засобом використання водних ресурсів річок для задоволення потреб водокористувачів є зведення гідротехнічних споруд. *Сукупність гідротехнічних споруд різного призначення в одному місці складає комплексний гідровузол.* Компоновка і склад споруд таких гідровузлів залежать від водогосподарських завдань і місцевих умов будівництва. У зв'язку з тим, що водні ресурси єдині для різних галузей народного господарства й обширних територій, кожний більш-менш великий вузол гідротехнічних споруд проектується й експлуатується, як правило, в інтересах не однієї, а кількох галузей господарства.

Так, спорудження комплексних гідровузлів на рівнинних річках створює сприятливі умови для гідроенергетики, судноплавства, вододопостачання, зрошення та боротьби з повеннями, а великі водосховища при них дають змогу розвивати теплоенергетику, мати хороші умови для відпочинку, туризму, водного спорту і рибного господарства. Використання гребель для прокладання залізниць і автомобільних доріг дає змогу відмовитись від будівництва складних і дорогих мостових переходів. Після закінчення будівництва комплексного гідровузла залишається потужна будівельна база і розвинуте житлове господарство, які необхідні для подальшого розвитку економіки прилеглих районів. Відбуваються зміни демографічних і соціальних факторів. Прикладами таких комплексних

гідровузлів є, наприклад, гідровузли Дніпровського каскаду та Дністровський гідровузол.

Звичайно річковий гідровузол складається із загальних і спеціальних (галузевих) споруд.

*Загальні споруди* слугують для створення у вузлі необхідних напорів, ємкостей і гідравлічного стану, необхідного для роботи споруд, що входять до гідровузла. До загальних споруд гідровузла належать: гребля для створення погрібного напору і ємкості водосховища; водоскидні споруди (водозливи і водоспуски) для скидання надлишкових вод і спорожненням водосховища; споруди для затримання і видалення сміття, льоду, шуги (захисні стінки, решітки, шугоскиди); випрямні та сполучувальні споруди для огороження русла і берегів від розмивів і спрямування водного потоку до робочих отворів (дамби, підпірні стінки, кріплення, з'єднання тощо); у деяких випадках обладнують промивні споруди (грязеспуски) для скидання донних наносів, що надходять у водосховище.

*Спеціальні споруди* мають конкретні призначення: водопостачання, енергетика, зрошення, водний транспорт тощо. Такими спорудами в складі гідровузла можуть бути: водоприймачі для забору і подальшої подачі води в різні споруди (канали, трубопроводи, тунелі, гідроелектростанції, насосні станції та ін.), судноплавні шлюзи й отвори в греблях, рибоходи, пристані, пірси тощо.

Технологічні зв'язки між комплексним гідровузлом і галузями народного господарства здійснюються через супутні об'єкти. До таких об'єктів належать: лінії електропередач від ГЕС до приймальної підстанції, магістральні та зрошувальні канали, трубопроводи для водопостачання тощо. При компоновці споруд гідровузла дотримуються таких основних вимог: розташування споруд загального і спеціального призначення має забезпечувати найповніше проведення основних робочих операцій кожної споруди; має досягатися найкраща узгодженість дії суміжних споруд і всього гідровузла; розміщення споруд у гідровузлі має бути компактним, із дотриманням мінімальних об'ємів будівельних робіт й експлуатаційних витрат.

Схему гідровузла та склад споруд обирають, виходячи з найвищого економічного ефекту. Основою більшості комплексних гідровузлів є гребля, розміри якої визначають з урахуванням топографічних, геологічних і гідрологічних умов і вимог провідних учасників РВГК чи ВГС (гідроенергетика, зрошення, водопостачання та водний транспорт).

Утворений греблею *напірний фронт* складається переважно з двох частин: *глухої* і *водозливної*; через останню надлишкові об'єми води скидають у нижній б'єф.

До складу напірного фронту може входити будинок ГЕС. У складі комплексного гідровузла можуть бути *суднопропускні (шлюзи або суднопідіймачі)* або *рибопропускні споруди (рибоходи, рибохідні шлюзи або рибо підіймачі)*.

При будівництві великих комплексних гідровузлів вирішуються проблеми і сухопутного транспорту — по гребеню греблі прокладається залізниця або автомобільна дорога.

Комплексними гідровузли можуть бути не тільки при будівництві гребель і облаштуванні водосховищ. Такими є й окремі великі насосні станції або великі водозабірні споруди з каналами, що подають воду для зрошення, водопостачання та для інших цілей (енергетики, судноплавства, рибоводства).

4. Єдиним способом вирішення проблем водозабезпечення в багатьох випадках є регулювання стоку шляхом створення водосховищ. Зведення гребель і дамб у руслах річок дає змогу акумулювати великі об'єми води, яка використовується потім багатьма водокористувачами. Водосховища мають також велике значення для боротьби зі шкідливою дією вод (повеннями і селями) і створюють сприятливі умови для організації відпочинку населення. Необхідність утворення водосховищ може зумовлюватись: забезпеченням зрошення й обводнення земель у посушливих районах; створенням напору та акумуляцією води для виробництва електроенергії на ГЕС і підтриманням необхідних глибин на водних шляхах; перекиданням водних ресурсів у інші регіони; забезпеченням водою населення, промисловості, теплових і атомних електростанцій; боротьбою з повеннями; організацією зон відпочинку населення тощо.

Водосховища як об'єкти глобального масштабу з'явилися у другій половині ХХ ст. Вони створюються майже в усіх країнах світу. Всього їх налічується понад 10 000 (великих, об'ємом понад 1 млн. м<sup>3</sup> кожне), сумарним повним об'ємом близько 5 тис. км<sup>3</sup>, корисним — 3 тис. км<sup>3</sup>, площею водної поверхні 400 тис. км<sup>2</sup>. В Україні налічується 1087 водосховищ загальною площею водної поверхні понад 9 тис. км<sup>2</sup>, сумарним об'ємом близько 55 км<sup>3</sup> і корисним — 24,3 км<sup>3</sup>. Схема розташування водосховищ на Дніпрі представлена на (рис. 2). Розглянемо значення водосховищ для окремих галузей народного господарства.

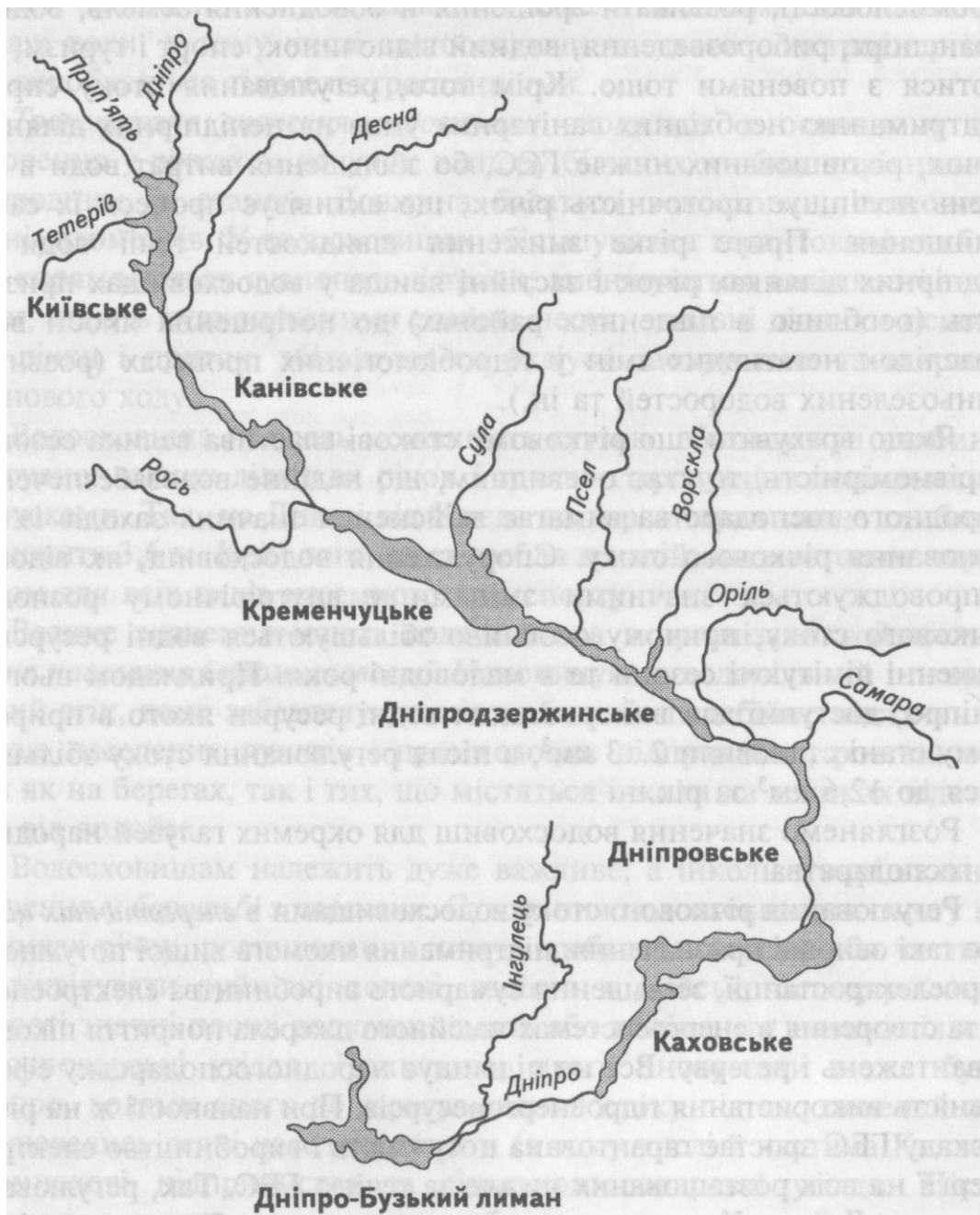


Рис. 2 – Схема розташування водосховищ на Дніпрі

Регулювання річкового стоку водосховищами в *енергетичних цілях* має такі основні призначення: підтримання якомога вищої потужності гідроелектростанції, збільшення сумарного виробництва електроенергії та створення в енергосистемах надійного джерела покриття пікових навантажень і резерву. Все це підвищує народногосподарську ефективність використання гідроенергоресурсів.

При наявності ж на річці каскаду ГЕС зростає гарантована потужність і виробництво електроенергії на всіх розташованих нижче за течією ГЕС. Так, регулювання стоку Дніпра Кременчуцьким водосховищем збільшує щорічне виробництво електроенергії Дніпровською ГЕС на 500 млн. кВт • рок і підвищує гарантовану потужність Дніпровської та Каховської ГЕС більше ніж на 100 тис. кВт.

Особливо велике значення має регулювання стоку водосховищами для зрошення. При цьому поряд із повнішим використанням стоку для самопливного зрошення земель утворюються також можливості зрошення значної кількості земель за допомогою насосної подачі води, в тому числі застосовуючи частково електроенергію, що виробляється гідроелектростанціями.

*Транспортне значення водосховищ* зводиться в основному до створення у річках за рахунок підпору більших глибин порівняно з природним їх станом. Довжина багатьох водосховищ становить сотні кілометрів. У водосховищах збільшуються гарантовані глибини, спрямляються судноплавні траси, зменшуються швидкості течії води, стають судноплавними раніше несудноплавні ділянки основної річки і приток, збільшуються радіуси заокруглень та ширина суднового ходу.

Водосховища надають можливість суттєво збільшувати глибини на судноплавних ділянках річок і нижче гідровузлів спеціальними попусками. Так, на Дніпрі від Києва до гирла гарантована глибина становить 3,6 м. Крім того, сама гребля є надійним мостовим переходом для всіх видів наземного транспорту.

Велике значення мають водосховища в організації *водопостачання населення і промисловості*. Накопичуючи водопільний і паводковий стік, вони забезпечують цілодобове безперебійне постачання водою населених пунктів і промислових підприємств, розташованих як на берегах, так і тих, що містяться інколи на великих відстанях від водойм.

Водосховищам належить дуже важливе, а інколи і вирішальне, значення у *боротьбі з повенями*. Створення водосховищ дає змогу на ділянках річок, розташованих нижче гребель, повністю або частково ліквідувати руйнівні повені, задіяти в сільськогосподарському обороті значні площі родючих земель або поліпшити наявні сільськогосподарські угіддя. Прикладом цього знову-таки може бути Дніпро, водами якого до зарегулювання стоку під час повеней затоплювались деякі населені пункти (в тому числі й частина Києва), промислові підприємства та сільськогосподарські угіддя. Після створення каскаду водосховищ небезпека затоплення під час повеней прилеглих до Дніпра територій усунута.

Гідротехнічне будівництво надає широкі можливості для інтенсифікації *рибного господарства* у створюваних водосховищах, де воно має переходити від промислу до організованого управління процесами відтворення риби.

Водосховища широко використовуються також в цілях *рекреації*: для відпочинку населення, любительського риболовства, мисливства, водного спорту, туризму тощо. Невеликі водосховища споруджуються поблизу деяких міст спеціально з рекреаційною метою (наприклад, поблизу м. Горлівки).

Проте створення водосховищ супроводжується і негативними явищами та наслідками [].



Рис.3 – Наслідки руйнування Каховської ГЕС

У своїй роботі Каховська ГЕС забезпечувала річне регулювання стоку Дніпра для живлення електроенергією, зрошення та водозабезпечення засушливих районів півдня України і навігацію від Херсона до Запоріжжя. Характерними особливостями Каховського гідровузла було безпосереднє розташування земляної греблі висотою 30 м на мулах, а також закритий розподільчий пристрій.

Спорудження Каховського гідровузла підняло рівень води в р. Дніпро до 16 метрів і утворило Каховське водосховище об'ємом 18,19 км<sup>3</sup>. На Каховській ГЕС встановили 6 вертикальних гідроагрегатів із поворотно-лопатевими турбінами і синхронними генераторами зонтичного виконання. Потужність Каховської ГЕС складала 334,8 МВт.

Греблі гідроелектростанцій завжди були об'єктом підвищеної техногенної небезпеки. Наслідками злочинного руйнування, в даному випадку Каховської ГЕС, є:

- значне порушення екосистем Каховського водосховища та водних об'єктів які в нього впадають й де відбувався підпір води, пониззя Дніпра, Дніпровського лиману і порушення екосистем пригирлової ділянки Чорного моря;
- масова загибель водних організмів (риби, молюсків, ракоподібних, мікроорганізмів, водної рослинності) у Каховському водосховищі з подальшим погіршенням якості вод внаслідок розкладення загиблих організмів;

• порушення середовища існування риби, молюсків, тварин, які населяють сухопутні ділянки які будуть затоплені. 5. Всього в Україні нараховується сім основних магістральних каналів: Північнокримський, Головний Каховський магістральний канал, Дніпро-Донбас, Дніпро-Кривий Ріг, Дніпро-Інгулець, Сіверський Донець-Донбас, Дунай-Сасик.

Для постачання водою Криму побудований Північнокримський канал (400 км) з Краснознаменським відгалуженням від нього (рис. 3.3). Основне призначення каналу - зрошення земель і обводнення південної частини Херсонської області та степового Криму, а також водопостачання кримських міст і населених пунктів.

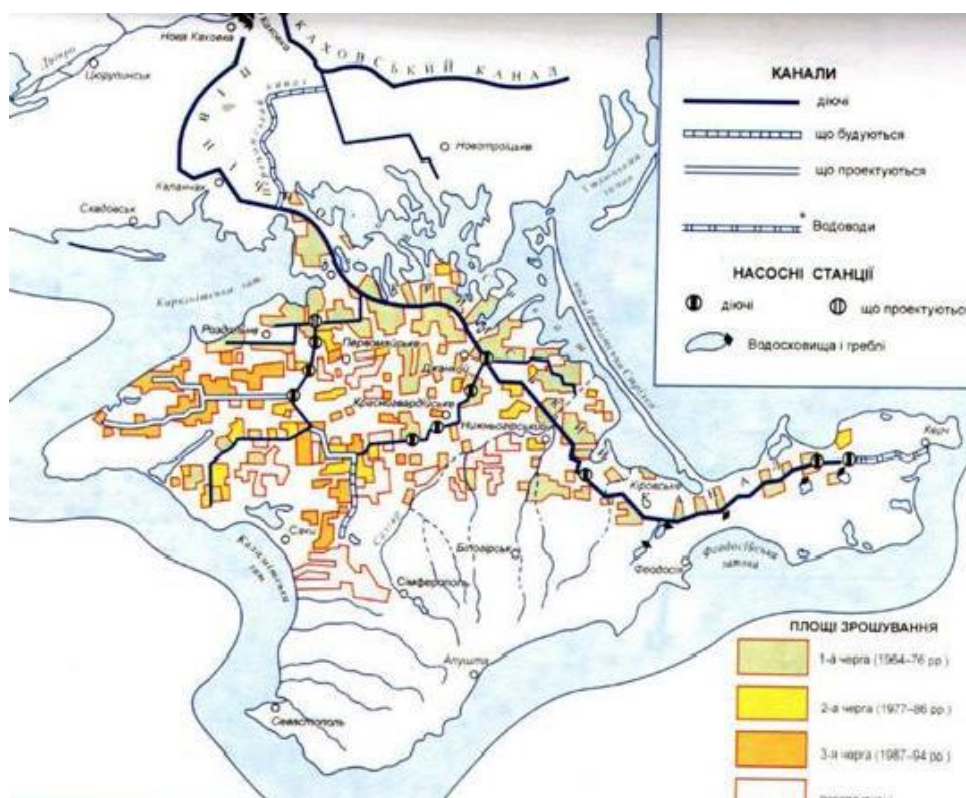


Рис. 4 – Карта-схема Північно-Кримського каналу

Подачу води до Криму Північно-Кримським каналом було припинено у 2014 році. Раніше канал забезпечував 80-85% усіх потреб півострова в прісній воді. На початку 2022 року можна було констатувати: всі зусилля щодо забезпечення Криму водою або були неуспішними, або мали дуже незначний результат. Брак води відчувався не лише в північних районах півострова, а й у столиці автономії – Сімферополі. Тут воду подавали за графіком, а на вулицях установили відповідні ємності. Відчували брак води вже й населені пункти на південному березі Криму. Водночас погіршувалась і якість води – місцеві мешканці нарікали, що замість неї з крану тече якась коричнева каламуть. Після пошкодження гідропоруди (дамб) значної шкоди завдано цивільній інфраструктурі, унеможливлено здійснення зрошення сільгоспземель на території Скадовського, Каховського районів Херсонської області. Також завдано значної шкоди довкіллю та спричинено матеріальні

збитки державі у великих розмірах", але водопостачання Криму було поновлено.

З Дніпродзержинського водосховища бере початок канал Дніпро - Донбас (263 км), який забезпечує водопостачання Донбасу і Харкова, поповнює водою пересихаючі малі річки, служить для обводнення р. Сіверський Донець і водопостачання промислових центрів Луганської області (рис. 5).

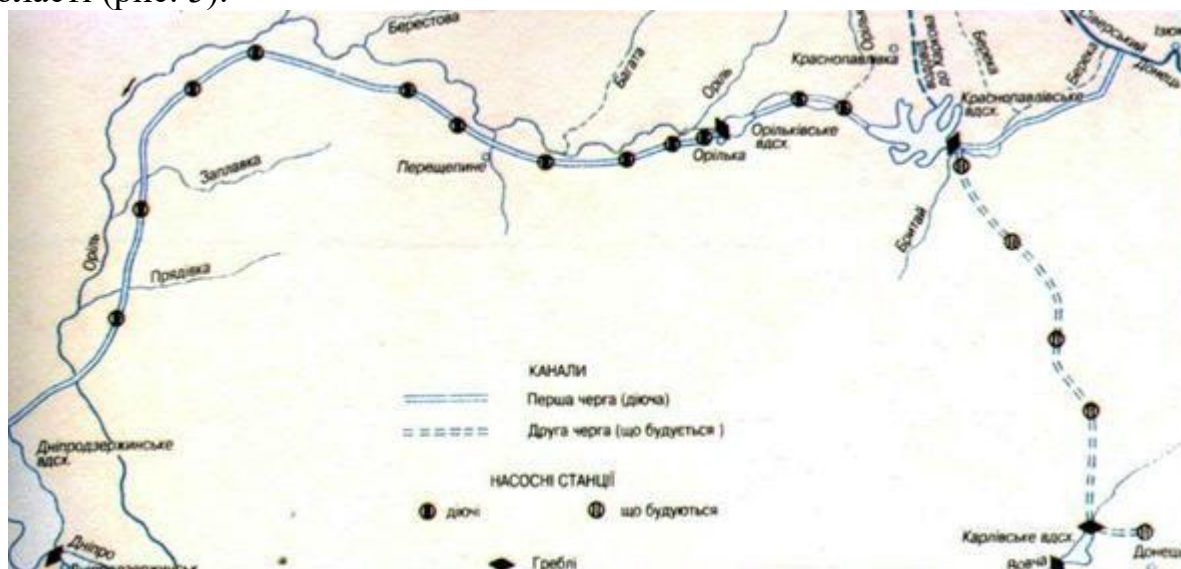


Рис. 5 – Карта-схема каналу Дніпро – Донбас

Канал Сіверський Донець - Донбас має довжину 131,6 км, з яких 101 км - відкрита частина, а 30 км - дюкери і напірні трубопроводи (рис. 3.5) Основним джерелом води для цього каналу є р. Сіверський Донець. Для забезпечення водою великого промислового регіону, розташованого на території Харківської, Донецької та Луганської областей, створена єдина система водопостачання, а вода по каналах Дніпро - Донбас і Сіверський Донець -Донбас подається в найвіддаленіші райони південно-східної частини України. Перших 9 км траси каналу Сіверський Донець - Донбас проходить по руслах річок Бритаї і Берека.

Канал Дніпро - Кривий Ріг (41,3 км), що подає воду з Каховського водосховища, служить для господарсько-питного і промислово водопостачання Кривбасу. З цією ж метою, а також для зрошення земель Херсонської, Миколаївської та Кіровоградської областей побудований Інгулецький магістральний канал (54 км), бере початок з правої притоки Дніпра р. Інгулець (рис 3.6). З цього каналу подається змішана інгулецька і дніпровська вода. Дніпровська вода прямує протivoтоком по руслу р. Інгулець, тобто в зворотному напрямку по відношенню до стоку цієї річки, що забезпечується головною насосною станцією. Далі вода йде по каналу самопливом.



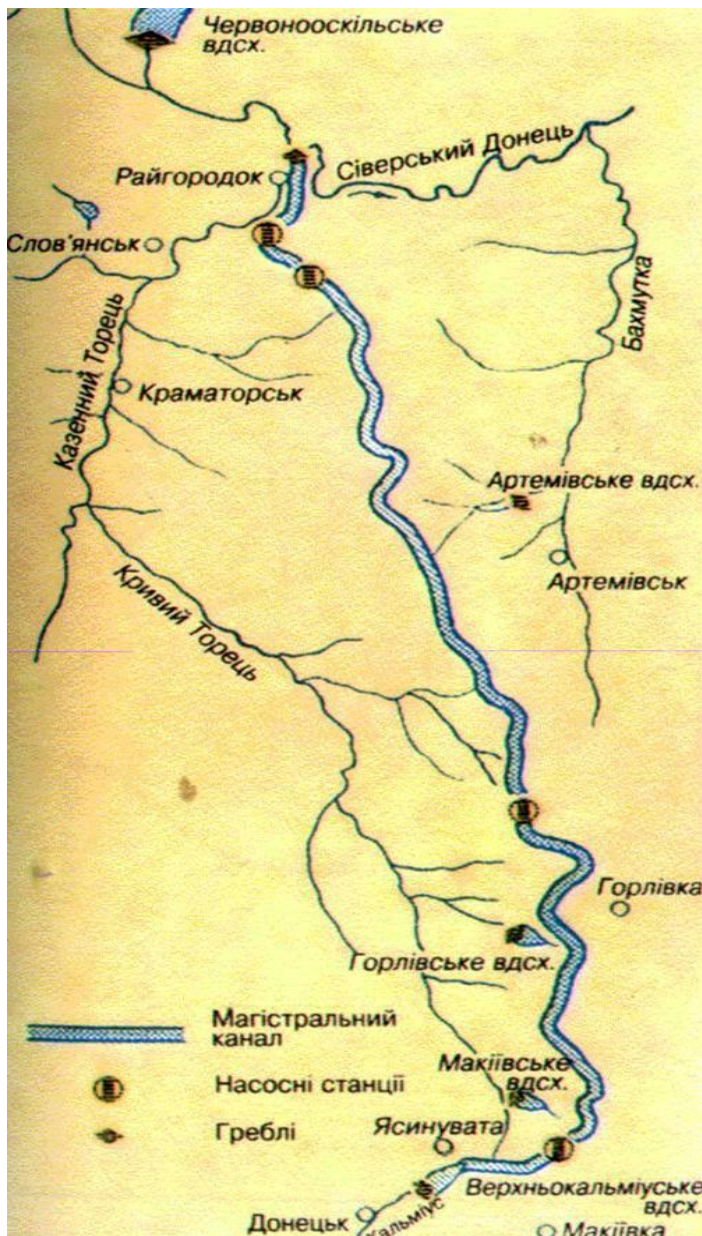


Рис. 3.6 – Карта-схема каналу Сіверський Донець - Донбас

Для зрошення посушливих степових районів Херсонської та Запорізької областей побудований Головний Каховський магістральний канал (129,7 км), який бере початок з Каховського водосховища поблизу м Каховки і далі проходить у напрямку до м Мелітополя. Подача води по каналу забезпечує зрошення майже 784 тис. га земель. На дунайській воді багато років функціонує Дунай-Дністровська зрошувальна система, розташована в південно-західній частині Одеської області. У числі більш дрібних зрошувальних систем діють Северорогачінська, Серогозької і ін.

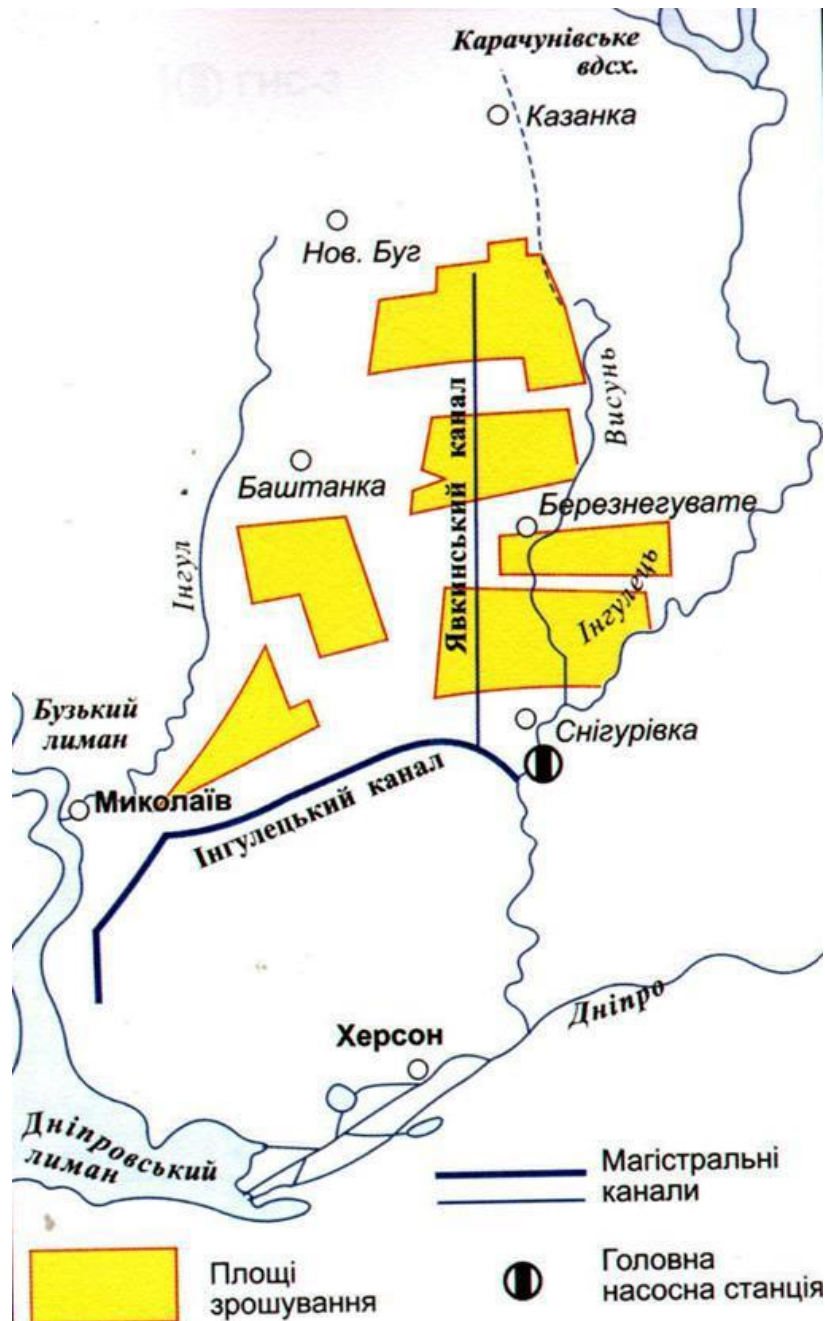


Рис. 7 – Карта-схема Інгулецького магістрального каналу

Важливе значення для забезпечення безпеки гідротехнічних споруд в умовах тимчасової експлуатації має забезпечення пропуску максимальних паводкових витрат розрахункової забезпеченості через недобудовані спорудження.

### Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення водогосподарського комплексу?
2. Дайте визначення водогосподарської системи?
3. Дайте визначення водного господарства?
4. Яке ієрархічне підпорядкування між водогосподарським комплексом, водогосподарською системою та водним господарством?
5. Назвіть основні вимоги та фактори, якими зумовлюється формування регіональних водогосподарських комплексів і систем.

6. Що являє собою комплексний гідровузол, яке його призначення?
7. Наведіть приклади комплексних гідровузлів на річках України.
8. Яке значення водосховищ у комплексному використанні водних ресурсів?

### Література

1. Даус М. Є., Отченаш Н. Д. Гідроекологічні основи водного господарства, раціональне використання та охорона водних ресурсів: конспект лекцій – : «», 2018. 193с. URL: <https://tinyurl.com/4hzwfky5>.
2. Горлова А. Підрив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. URL: <https://tinyurl.com/2s3t8uaw>
3. Герасим А., Кельм Н. Крадена вода. URL: <https://tinyurl.com/3ffvwaa2>
4. Левківський С. С., Падун М. М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів : підручник. Київ : Либідь, 2006. 280 с.
5. Хвесик М. А. Основні тенденції та закономірності використання водних ресурсів у системі суспільного відтворення. URL: <https://tinyurl.com/nhchbjr6>

### Лекція 6. Наслідки руйнування Каховської ГЕС

**Мета заняття:** оцінити наслідки впливу руйнування Каховської ГЕС на водне середовище, господарську діяльність та економіку країни.

#### План заняття

1. Вплив руйнування Каховської ГЕС на екологічну систему
2. Наслідки руйнування Каховської ГЕС.
3. Історичні факти будівництва споруди.
4. Значення ГЕС для господарської діяльності.

#### 1. Проблема перша: врожай і чорнозем

Високі врожаї на Півдні України досягаються завдяки системі зрошувальних каналів, які наповнювалися водою з Каховського водосховища. На якийсь час ця вода заповнить їх ущерт, залле поля. А коли вона зійде, канали пересохнуть — спорожніле Каховське «море» не зможе більше їх наповнювати.

*«По зерновому, по овочево-баитанному раю Півдня завданий удар, — говорить голова української екологічної асоціації "Зелений світ" Юрій Самойленко. — Через відсутність рослинного покриву суховії посилять ерозію ґрунтів. Каховська вода, звичайно, не змиє весь чорнозем, але стан ґрунтів погіршиться через засуху та пилові бурі».*

Екологи одноголосні в думці, що цього року із залитих водою полів ми вже нічого не зберемо. Унаслідок катастрофи може змінитися сільськогосподарська спеціалізація регіону.

*«Херсонщина, Миколаївщина, Запоріжжя — це українська житниця, український сад і город. У цих регіонах урожай починають збирати якраз у червні. Вода Каховського водосховища його просто знищила — це*

*незібраним або непереробленим. Далі суховії та посуха можуть докінчити справу», — дає невтішний прогноз Юрій Самойленко.*

Проблема друга: пилові бурі

Площа Каховського водосховища до катастрофи становила 2155 км<sup>2</sup>. Екологи наразі не мають одностайної думки, наскільки вона зменшиться після катастрофи.

Одні зазначають, що водосховище обміліє метрів на 6–7, інші — що воно повністю висохне. Очевидно одне: вітри, які дуже сильні в цьому регіоні, усе літо підніматимуть із дна водосховища пісок і висохлий мул. Усе це у вигляді пилових бур буде застилати поля й населені пункти, погіршуючи екологічну ситуацію.

Проблема третя: затоплення «пустелі»

Олешківські піски навряд опиняться під водою, зазначають екологи. Оскільки єдина в Європі «пустеля» горбиста, вода може підійти впритул до піщаного масиву й зупинитися, перетворивши горби на піщані острови.

Улітку пісок в Олешках нагрівається до 70 градусів за Цельсієм — каховська вода, звичайно, не закипить, але швидко випарується. З іншого боку, можливо, вода розбудить «спляче» в піску насіння — і пагорби на якийсь час проростуть рослинами. Загалом же, Олешки порятують самі себе: піски є доволі примітивною екосистемою, яка здатна швидко відновлюватися.

Проблема четверта: вода знищує тварин Півдня

Екологи в один голос зазначають, що біосферному заповіднику «Асканія-Нова» підтоплення не загрожує.

Менш однозначна ситуація з «Нижньодніпровським» національним природним парком, «Чорноморським» біосферним заповідником, ландшафтним парком «Кінбурнська коса» й іншими природоохоронними зонами.

Особливо небезпечною велика вода стане для їхнього тваринного світу.

*«Тварини будуть рятуватися відповідно до своєї поведінкової моделі, вони слухатимуться свого інстинкту, — говорить директор Інституту зоології імені І. І. Шмальгаузена НАН України, доктор біологічних наук Віталій Харченко. — Однак не всі зможуть врятуватися. Порушаться, наприклад, гнізда водоплавних птахів у гирлі Дніпра. Дорослі птахи зможуть полетіти, але пташенята загинуть. Змиється риба, а йдеться ж про рибні місця. Катастрофа ще й у тому, що порушиться стабільність унікальних Причорноморської та Дніпровської екосистем. Оці всі наші зусилля зі створення заповідників, зі збереження природи — усе пішло прахом в одну мить. Вода, звичайно, з часом спаде. Але поки що вона на шляху знищує все живе».*

Проблема п'ята: питна вода та епідемії

Велика кількість населених пунктів Півдня України ризикує залишитися без централізованого водопостачання із Дніпра.

*«Зараз важко робити якісь прогнози, бо поки що немає чітких даних щодо відповідних населених пунктів, — зауважує голова комітету охорони водних ресурсів, водного врядування та екомодернізації водної сфери РАЕВ Мар'яна Гінзула. — Жодна потерпіла громада не залишиться без води буквально. Але можуть зменшитися обсяги та графіки її подачі, тиск у системах тощо. Жодне місто не живиться тільки з одного джерела постачання. Не буде дніпровської води — буде інша».*

Інша — це, зокрема, привізна. Щодо цього вже є відповідне рішення РНБО. За даними РАЕВ, до повномасштабного російського вторгнення 1224 населені пункти в Україні споживали саме привізну воду — отже, відповідна система постачання в країні відпрацьована.

Ще одна загроза — епідемії, бо велика вода змиває все на своєму шляху: скотомогильники, кладовища, сміттєзвалища, склади з міндобривами та хімічними речовинами, нафтопродукти. У ній будуть загиблі тварини та «мул» водосховища. Усе це піде до Лиману та Чорного моря, осяде в межах населених пунктів.

Потенційно це може призвести до погіршення епідеміологічної ситуації. І якщо на підконтрольній Україні території обов'язково проводитимуть відповідну роботу, то на тимчасово окупованих росією територіях чекати на них не доводиться — а це лише посилює загрозу епідемії.

Проблема шоста: загроза для Запорізької АЕС

Наразі щодо загрози для ЗАЕС теж немає однозначності. Очільник «Енергоатома» Петро Котін заявив, що підрив Каховської ГЕС не вплине на роботу Запорізької атомної електростанції. За його словами, реактори ЗАЕС охолоджуються зі ставка, який не залежить від води Каховського водосховища. Екологи ж щодо цього висловили іншу думку.

*«Каховське водосховище є водоймою-охолоджувачем для Запорізької АЕС. Хтось скаже, що на ЗАЕС є спецконструкції для охолодження. Так, вони є, але їх недостатньо для охолодження шести реакторів, які наразі відімкнені від живлення та працюють у “сплячому” режимі на дизельгенераторі, ресурс якого обмежений днями», — говорить президентка РАЕВ Людмила Циганок.*

Відновлення може тривати роками, але історія позитивна

Чи відновилася екосистема після підриву Дніпрогесу? А після аварії на ЧАЕС? Так, відновилася. Буяння флори і фауни в Чорнобильській зоні тому запурука.

*«Наступного року вже буде легше. Хоча, поки не відновимо рівень води в Каховському водосховищі, будемо потерпати», — вважає Юрій Самойленко.*

Мар'яна Гінзула стверджує, що підрив Каховської ГЕС та екологічні негаразди підштовхнуть українців до інноваційних рішень у багатьох галузях.

*«Досі ми використовували ще радянські технології збору води — а тепер замість мережі, побудованій на Каховській ГЕС і відповідних зрошувальних каналах, ми зможемо застосувати щось абсолютно нове, більш раціональне й досконале. Збудувати, наприклад, нові гідротехнічні споруди на Дніпрі», — каже вона.*

На її думку, українцям не треба також боятися зміни звичних нам природних ландшафтів — екосистеми не застигли, вони постійно розвиваються, природа постійно змінюється. Підрив ГЕС може дати поштовх для дуже цікавого розвитку затоплених територій.

## 5. Наслідки руйнування Каховської ГЕС.

Наслідками злочинного руйнування, в даному випадку Каховської ГЕС, є:

- знищення та значне порушення екосистем Каховського водосховища та водних об'єктів які в нього впадають й де відбувався підпір води, пониззя Дніпра, Дніпровського лиману і порушення екосистем пригирлової ділянки Чорного моря;
- можлива масова загибель водних організмів (риби, молюсків, ракоподібних, мікроорганізмів, водної рослинності) у Каховському водосховищі з подальшим погіршенням якості вод внаслідок розкладення загиблих організмів;
- порушення середовища існування риби, молюсків, ракоподібних, птахів, земноводних та інших тварин, які заселяють акваторію та прибережні комплекси від греблі Каховського водосховища і нижче за течією до Кінбурнського півострова;
- порушення середовища існування та можлива загибель тварин, які населяють сухопутні ділянки які будуть затоплені. Значні ризики для популяцій гризунів, зокрема ендемічних видів та занесених до Червоної книги України;
- порушення середовищ існування рослинних комплексів: прибережна водна рослинність вище за течією від дамби Каховської ГЕС через осушення загине, території, розташовані нижче зазнають затоплення, зокрема степові та лісові комплекси, які не пристосовані до перебування під водою, що спричинить їх вимокання та загибель. В пониззі Дніпра зростають ендемічні види, занесені до Світового червоного списку й які більше ніде в світі не зустрічаються;
- непрогнозоване відкладання річкових наносів та змитих матеріалів з поверхні суходолу;
- негативний вплив на акваторії, прибережні території та сухопутну частину трьох українських національних природних парків — «Нижньодніпровський», «Кам'янська Січі», «Білобережжя Святослава», Чорноморського біосферного заповідника (ця територія також має статус біосферного резервату ЮНЕСКО), Регіонального ландшафтного парку «Кінбурнська Коса» та численних об'єктів природно-заповідного фонду з меншими площами, вплив на проєктовані природоохоронні території. Ці

території також мають статус Водно-болотних угідь міжнародного значення що охороняються відповідно до Рамсарської конвенції, а також є територіями Смарагдової мережі, що охороняються відповідно до Бернської конвенції;

- порушення водопостачання об'єктів у Херсонській і, частково, Запорізькій областях та Дніпропетровській областях;
- забруднення вод Дніпра і Чорного моря – первинне забруднення внаслідок потрапляння до вод паливно-мастильних матеріалів, змиву сміття, агрохімікатів, інших небезпечних матеріалів, затоплення і виведення з ладу систем очистки стічних вод, каналізації, і так зване «вторинне забруднення», що виникає внаслідок порушення шарів намулу, в яких десятиліттями відбувалось накопичення забруднюючих речовин;
- затоплення будинків, споруд, підприємств, втрати майна, руйнування;
- знищення свійських тварин, худоби, домашніх тварин, тварин у зоопарках, трупи яких в спекотну погоду будуть отруювати воду, ґрунти, забруднювати повітря та становити небезпеку поширення інфекційних хвороб;
- ускладнення або повне унеможливлення водопостачання для сільськогосподарських потреб півдня Херсонської області;
- вимивання, перенесення мін та інших вибуховонебезпечних речовин, збільшення мінної небезпеки;
- утруднення або унеможливлення забору води, необхідної для охолодження Запорізької АЕС, загроза ядерній безпеці світу.
- зміна мезоклімату території через зміну площі поверхні водного дзеркала, зміну водного балансу території та збільшення відкритих ділянок суші;
- неможливість регулювання водного режиму під час водопілля та паводків. Внаслідок підриву Каховської ГЕС відповідну греблю знищено, а, отже, нівельовано захист об'єктів, що знаходяться нижче за течією. Тому є ризики повторного підтоплення територій, які є залежними від регуляції з боку Каховської ГЕС.

3. Будівництво Каховського гідровузла почалося у вересні 1950 року відповідно до Постанови Ради Міністрів СРСР від 20 вересня 1950 року «Про будівництво Каховської гідроелектростанції на Дніпрі, Південно-Українського каналу, Північнокримського каналу й зрошення земель південних районів України й північних районів Криму». Спорудження ГЕС доручили колективу ордена Леніна управління «Дніпробуд», що в 1927—1932 роках зводив Дніпровську ГЕС.

Каховську ГЕС почали будувати на місці важливого українського історичного краю — Великого Лугу. Раніше ця місцевість відігравала неабияку історичну роль, оскільки саме тут розташовувалась низка Запорізьких Січей. З початком будівництва луг повністю пішов під воду разом з великою козацькою спадщиною.<sup>[4]</sup>



### Шляхопровід через Каховську ГЕС

Об'єкт було віднесено до великих будов комунізму. Для будівництва й обслуговування електростанції створили місто Нова Каховка. На будівництві Каховського гідровузла працювало: 12 тисяч осіб, 1100 автомашин, 30 екскаваторів, 75 гусеничних і порталних кранів, 100 бульдозерів, 14 паровозів і 7 земснарядів.

30 березня 1952 року укладено перший кубічний метр бетону в споруду ГЕС. Монтаж першої турбіни, розпочатий у серпні 1954 року, завершили 18 жовтня 1955 року. Саме цей день і вважається днем народження станції. 13 жовтня 1956 року введено в експлуатацію останній шостий гідроагрегат. 19 жовтня 1959 року Каховську ГЕС прийнято в промислову експлуатацію зі встановленою потужністю 312 МВт.

Постановою Кабінету Міністрів України № 1026 «Про увічнення пам'яті П. С. Непорожнього» від 26.06.2000 року Каховській гідроелектростанції присвоєно ім'я видатного вченого та державного діяча Петра Непорожнього

Технічні характеристики[ред. | ред. код]

Каховське водосховище — одне із шести великих водосховищ у каскаді на річці Дніпро. Розташоване у Запорізькій, Дніпропетровській та Херсонській областях. Водосховище має сезонне регулювання стоку. Довжина його 240 км, площа дзеркала — 2155 км<sup>2</sup>, повний об'єм складає 18,19 км<sup>3</sup>, а корисний — 6,8 км<sup>3</sup>.

З водоймища починаються Каховський канал, Північнокримський канал і Канал Дніпро — Кривий Ріг.

До складу Каховського гідровузла входять:

- земляна руслова гребля,
- водозливна гребля (має 28 водозливних отворів),
- будівля ГЕС із монтажним майданчиком, розбита на 4 секції (перша секція — монтажний майданчик, три секції розміщують по два гідроагрегати),

- земляна гребля між шлюзом і ГЕС,
- судноплавний шлюз,
- земляна заплавна гребля,
- земляна надзаплавна гребля.

Довжина споруд гідровузла становить 3850,0 м.



Середньорічний проєктний виробіток електроенергії Каховською ГЕС — 1420 млн кВт·год.

Основні характеристики[ред. | ред. код]

На Каховській ГЕС встановлено шість вертикальних гідроагрегатів загальною встановленою потужністю 334,8 МВт.

Турбіни — поворотно-лопатевого типу, виробництва ПАТ «Турбоатом» (м. Харків, Україна).

Генератори — синхронного типу, напругою 13,8 кВ, виробництва НПО «Електроважмаш» (м. Харків, Україна).

Електрична мережа скомпонована по три блоки «генератор–трансформатор» на дві системи шин закритого розподільчого пристрою — 154 кВ.

Облікова кількість штатних працівників філії «Каховська ГЕС імені П. С. Непорожнього» на початок 2021 року становить 251 особу, в тому числі:

- керівники 53 особи;
- професіонали 32 особи;
- фахівці 10 осіб;
- службовці 1 особа;
- кваліфіковані робітники 142 особи;
- найпростіші професії 13 осіб.

За результатами щорічного рейтингу популярності та якості міста Нова Каховка «Дніпровська перлина» філія «Каховська ГЕС імені П. С. Непорожнього» ПАТ «Укргідроенерго» була багаторазовим пере

#### 6. Значення Каховської ГЕС.

65 років тому утворилося Каховське водосховище. Всю інфраструктуру побудували раніше, а у 1958 році чаша водосховища заповнилася водою. Зараз на Дніпрі – шість водосховищ. Про те, як і для чого їх будували, Радіо Свобода говорило з економіко-географом, старшим науковим співробітником Інституту географії НАНУ Іваном Савчуком. Рішення про будівництво Каховського водосховища було прийняте після посушливого літа 1946 року, яке зумовило голодну зиму 1946-1947 років. Тоді в Кремлі зрозуміли, що без наявності лісозахисних смуг і гарантованих резервуарів води підтримати врожайність на цій території буде ризиковано. Кліматологи стверджували, що це явище може повторитися у будь-який момент. Тоді відповідне рішення ухвалили ще за життя Йосипа Сталіна, на з'їзді.



Репродукція архівного фото, на якому зображено утверджений проект ДніпроГЕС (Дніпровська гідроелектростанція) під час будівництва, влітку 1931 року.

Тоді було направлено з центрального інституту географії експедицію на чолі з віце-директором інституту, які у польових умовах досліджували херсонські степи, визначали трасу майбутніх каналів, місце, де треба буде будувати нижній б'єф, де мала бути гребля, яка б тримала воду. Але вони зовсім не враховували національної специфіки України, а саме наявності Великого Лугу, який до того часу був головним джерелом виробництва баштанових культур у всьому Радянському Союзі. Бо землі, які заливалися, були ідеальні саме для баштанових культур, і звідси їх вивозили по всьому Радянському Союзу.

– Великий Луг – величезні плавні у нижній течії Дніпра – одразу планували затопити?

Було завдання – збудувати найбільше водосховище світу

– Не всі. Лише ту частину, яка була між Каховкою і Запоріжжям. Вони вручну побудували модель водосховища із пластиліну і демонстрували ЦК партії, як це буде. У них було завдання – збудувати найбільше водосховище світу.

– Дніпровське водосховище доволі компактне. А навіщо будувати найбільше водосховище у світі? Адже затоплюється велика площа родючих земель.

– ДніпроГЕС будували за часів, коли існувала приватна власність на землю. І майже вся земля навкруги того водосховища була приватною, її потрібно було викуповувати у селян. А земля ця дорого коштувала, бо це родючі землі.



Репродукція архівного фото, на якому зображено греблю ДніпроГЕС (Дніпровська гідроелектростанція) – вид з лівого берега, в середу, 2 вересня 1931 року

– Але у ранньому Радянському Союзі не можна було торгувати землею.

– У 1920-х роках це був предмет торгівлі. Селяни селянам могли продавати, але не міг купити житель міста. Коли держава щось будувала, то мала відшкодувати ринкову вартість цієї землі. А після створення колгоспів земля вийшла з предметів торгу, і держава нічого не відшкодовувала селянам, коли щось робила. Це було формальне рішення колгоспів.

– Але земля – це все ж таки ресурс. Навіщо його затоплювати?

– Вважалося, що завдяки тому, що зробиться найбільший резервуар прісної води на півдні європейської частини Радянського Союзу, вдасться зробити найбільшу мережу зрошувальних каналів. Тоді постало питання про створення на півдні України району виробництва бавовника і рису. Завдяки цьому планували зменшити імпорту відповідних товарів з країн, які тоді були колоніальними володіннями Англії. Це могло змінити цінову ситуацію на ринку. СРСР закуповував величезні обсяги сировини, і його вихід з ринку був би величезним ударом по економіці певних країн.

– Тобто, опосередковано боролися з імперіалізмом.

– Так. Херсонський бавовняний комбінат був найбільшим у СРСР за обсягом виробництва тканин, і для нього спеціально створювали посіви бавовника.

Ставилося кілька завдань. При створенні водосховища умисно створювали багато мілини. Планували зробити це зразково-показовим

другим Азовським морем. Там треба було зарибнити територію. «Видатні» фахівці» завезли туди рибу з усіх регіонів Радянського Союзу. Вони планували, що ця риба схреститься і створиться новий вид риби, який дозволить різко збільшити забезпечення населення прісноводною рибою.

– І от у 1958 році утворилося водосховище. Партія та уряд лишилися задоволені тим, що вийшло?

– Партія та уряд запросили президента Єгипту Гамалю Насера та інших – показати, що вони можуть найкраще побудувати Асуанську греблю на річці Ніл в Єгипті. Мовляв, американці чи англійці будують маленькі водосховища, а ми будуємо великі.

– Насера спеціально відвезли на Каховське водосховище?

– Ні, возили фахівців. Сам проект будівництва тоді коливався між англійською версією і радянською. Водосховище Насера – найбільше в Африці і за обсягом виробництва струму, і за площею водної поверхні, і за площею зрошення. Адже воно дозволило вдвічі збільшити зрошувальну площу в Єгипті, там відбулися величезні зміни.

Хоча, з іншого боку, сталася парадоксальна річ: відсутність поживних осадів – знаменитого нільського мулу – призвела до того, що Єгипет став закуповувати більше партій добрив, а вони знищили всю рибу в річці, бо всі ці добрива змивалися в Ніл. А весь цей мул тепер осідає у водосховищі Насера – і весь час його потрібно вичерпувати...

– У нас теж є побічні негативні явища. Але тоді збудували Каховське водосховище і одразу вирішили цілий Дніпро перетворити у каскад водосховищ? Бо з 1950-х до кінця 1970-х збудували ще кілька водосховищ.

Коли збудували Каховське водосховище, то побачили, що математичні розрахунки виявились помилковими – випарування значно більше, ніж планували. Заповнити водосховище до відповідних технічних параметрів без будівництва водосховищ вище за течією неможливо. Тому почали будувати водосховище вище за течією. Крім того, тоді почали величезні роботи з осушення поліських боліт і взагалі території Полісся. Це значно зменшило кількість води, яка стікала в Дніпро. Відповідно, зменшувалось надходження води, а ту, яка надходила, треба було регулювати. Одного Каховського водосховища було замало, щоби забезпечити цілу мережу зрошувальних каналів.

Нагадаю, що Північнокримський канал – до цього часу найдовша подібна споруда в Європі.

– У 2014 році цей канал перекрили.

– Так, але як споруда він залишається, ніхто її не ліквідував. Зараз постає питання, чи потрібно нам реалізувати ті плани, які не були реалізовані по збільшенню площі під зрошенням у Херсонської та Запорізької областях.

Україна зараз відчуває глобальні зміни клімату, відбуваються процеси посилення аридизації – більш сухий клімат і більш гарячий. Це призводить до збільшення випарування і зменшення кількості води, відбувається перехід до ризикової зони сільськогосподарської діяльності. Без зрошення там буде дуже ризиковано вести сільське господарство у майбутньому.

– Можна ці проблеми вирішити без збільшення площі водосховищ, а якусь частину затоплених земель знову перетворити на суходіл?

– Безумовно. Є кілька варіантів вирішення цієї проблеми. Адже чим більша площа, тим більша випаровуваність. Зменшити площу можна шляхом масштабних та дорогих гідротехнічних робіт, збільшивши висоту водосховища. Він буде глибшим, вужчим, але це потребує величезних коштів з боку держави.

Інша проблема – в тому, що вже пройшло понад 50 років, ґрунти під водою зазнали суттєвих змін. Якщо навіть гіпотетично зараз спустити всі водосховища, навіть на кілька метрів, звільняється площа, де потрібно провести рекультиваційні роботи, щоб дійти до родючого шару ґрунту. Потрібно ще вивезти кудись цей мул.

– А він хіба не родючий?

– Ні, у Каховське водосховище йдуть стоки з Дніпрорудного комбінату, Запорізької атомної електростанції, Нікопольського трубного заводу і так далі.

– То було, як казали, «будівництво століття», а ймовірна рекультивація буде ще масштабнішим проектом.

– Так, але ніхто не проводив розрахунків, скільки це коштуватиме. Є нижній б'єф, де стоїть гребля, у неї є так звана «мертва зона», нижче рівня якої припиняється робота ГЕС. Для півдня України, особливо для Херсонської та Запорізької областей, крім Запорізької атомної електростанції, інших великих джерел виробництва електричного струму немає. ГЕС покриває пікові навантаження, вона працює зараз більше для того, щоб покривати денні й сезонні пікові коливання. Плюс зрошення: як тільки спускається водосховище – рівень води зменшується і зменшується площа зрошення.

– Чув версію, що будівництво каскаду водосховищ розглядалося з військово-стратегічної точки зору. Мовляв, якщо раптом війна і прийдуть противники, то ці греблі можна підірвати чи відкрити шлюзи, що створить затоплену зону і противник не пройде. Наскільки ця версія відповідає дійсності?

– Їх не будували спеціально з метою, щоб спускати у випадку війни, але були розрахунки, вони опубліковані минулого року. Розглядалося моделювання, що відбудеться у результаті руйнування каскаду гребель на Дніпрі. Ці розрахунки робили ще коли їх будували, у 1960-1970-і роки. Головним наслідком буде те, що велика вода дуже швидко піде, а далі утворюється болото – величезна непрохідна для техніки зона, яка буде висихати майже місяць. Тобто, створюється перепона для форсування річки.

Ще був важливий момент розрахунків: якщо відбудеться прорив каскаду, йде кумулятивний ефект – чи відбудеться хвиля нарощення? Моделювання показало, що такої катастрофічної величезної хвилі не буде, вона гаситься відстанню.

– А хто проводив ці моделювання у Радянському Союзі?

– Це спеціальні математичні розрахунки профільних інститутів, які давали техніко-економічне обґрунтування будівництва. Треба було знати, який потрібен натиск води, щоб працювала ГЕС.

– Тобто, ця військова складова не була головною?

– Вона ніколи не була для водосховища головною, але вона враховувалась.

– Цвітіння води – одна з найбільших проблем Дніпра, як мені здається. Після будівництва каскаду водосховищ відбулося уповільнення течії, і це додатково провокує цвітіння води. Як цю проблему вирішити?

– Цю проблему вирішити у наших реаліях неможливо, враховуючи кількість побутових скидів. Пральний порошок, мило і так далі, потрапляючи у воду, створюють поживні речовини для поширення водоростей.

### **Питання для самоконтролю**

1. Яке значення мало Каховське водосховище для економіки України?
2. Які наслідки має руйнування каховського водосховища для навколишнього середовища?
3. Які заходи необхідні для усунення наслідків руйнування водосховища та відновлення екологічної системи?
4. Технічні характеристики Каховської ГЕС. Значення Каховської ГЕС для економіки України.

### **Лекція 7. Організаційно-економічний механізм раціонального водокористування**

**Мета заняття:** усвідомлення заходів для переходу на раціональне водокористування; розуміння особливостей використання закону розподілу Парето як критерію оптимальності використання водних ресурсів; опанування навичок визначення станів водогосподарської системи відносно закону Парето.

### **План заняття**

1. Розробка заходів для переходу на раціональне водокористування. 122-127.
2. Заходи для покращення процесів водопостачання. 127-135
3. Аналіз закону розподілу Парето як критерій оптимальності використання водних ресурсів.
4. Характеристика станів водогосподарської системи відносно закону Парето. 145-148
5. Аналіз тенденцій водоспоживання в Україні 150-153.
6. Регулювання процесів використання водних ресурсів. 154-167.
  1. Сучасні проблеми водокористування залежать від багатьох факторів, зокрема, від механізму зворотного зв'язку, що призводить до зміни параметрів гомеостазу водних екосистем і відповідно до негативних

екологічних наслідків. На цей час в Україні існує дві позиції щодо використання водних ресурсів:

- 1) продовження подальшого інтенсивного використання водних ресурсів, незважаючи на їх деградацію. Виникаючий дефіцит при цьому можна подолати за рахунок підвищення витрат на очищення забруднених вод або шляхом експортування води з інших районів;
- 2) раціоналізування процесів водокористування з метою відновлення екологічного стану водних екосистем.

Навіть при укрупнених економіко-екологічних підрахунках витрати на реалізацію другої позиції будуть набагато меншими. Нераціональність використання водних ресурсів проявляється в наявності дефіциту води та великій водомісткості економіки. Разом з тим достатня забезпеченість водними ресурсами часто призводить до їх марнотратства і нераціонального використання. Платою за нераціональне використання водних джерел є екологічні збитки, обумовлені забрудненням водних ресурсів та їх значним вилученням із природних джерел. Тому наукове обґрунтування основних напрямів раціонального водокористування у сучасних умовах ринкових відносин має надзвичайно важливе значення.

Пропонується розрізняти проблеми взаємодії водних об'єктів та вторинних водокористувачів, а також – вторинних і первинних водокористувачів. Тоді мотиваційний інструментарій для зазначених взаємодій також буде різним:

- на первинних водних ринках:

- 1) удосконалення системи екологічних обмежень на відбір води та скидання;
- 2) розвиток аудиторських функцій та створення баз даних водних ресурсів;
- 3) оптимізація водокористування шляхом комплексного використання джерел наземного і підземного стоку;
- 4) удосконалення підходів до оцінки водних ресурсів з адекватним урахуванням цінності води у регіоні (урахування водної ренти I і II родів,

організація аукціонів на права користування водними об'єктами) та ін.;

- на вторинних водних ринках:

- 1) розвиток програм, що забезпечують відтворення основних фондів та інфраструктури вторинного ринку води;
- 2) підвищення тарифів на водокористування з урахуванням витрат на водоохоронні заходи;
- 3) сприяння демонополізації ринку води;
- 4) розширення асортименту послуг водоканалів;
- 5) цінова диверсифікованість водних послуг для груп водокористувачів та ін.

До організаційних напрямів оптимізації розподілу водних ресурсів між споживачами можна віднести:

- застосування для конкретного виду господарської діяльності води відповідної якості;
- використання технічних систем економії води, встановлення лічильників на воду і запровадження тарифів, пропорційних видаткам споживання;
- очищення води та впровадження оборотних та замкнутих систем водопостачання; збір дощової води, що дозволить значно збільшити її запаси, зокрема для технологічних цілей;
- використання біологічних способів очищення на водоочисних комплексах, що дає змогу зменшити кількість забруднюючих речовин у воді на 90-95%. Цього достатньо для випускання її до рік і озер, де доочистка відбувається вже природним шляхом;
- використання крапельного зрошення, яке потребує на 30-40% менше води, забезпечуючи врожайність на 20-90% більшу, ніж при традиційному зрошенні;
- перенесення джерел скидання стічних вод підприємств вище за течією з метою стимулювання впровадження ними більш ефективних засобів очищення;
- раціональне розміщення водокористувачів з метою послідовного оборотного використання води для їх господарських та інших потреб;
- впровадження систем повітряного охолодження у технологічних процесах замість водного або заміна цих процесів на «сухі»;
- мінімізація транспортних втрат шляхом модернізації водотранспортної системи;
- економічне стимулювання інвестицій в інноваційні водозберігаючі або безводні технології на водозалежних підприємствах усіх галузей країни.

У цілому можна виділити такі напрями, що сприяють раціоналізації водокористування території:

- децентралізація політики водокористування: правильно врахувати регіонально-галузеві потреби, а також природні можливості басейнів і їх екологічний стан можна тільки на місцевому рівні;
- активізація мотиваційного механізму шляхом пільгового кредитування і зменшення податків, штрафів та зборів;
- удосконалення механізму ліцензування водокористування, зокрема шляхом створення умов вільної торгівлі ліцензіями на відбір води і скидання як між державою і користувачами, так і між самими користувачами, та ін.

Заходи з усунення забруднення джерел питної води залежать від заходів з охорони навколишнього середовища в цілому. Такий комплексний підхід має стати основою охорони та відновлення водних джерел. Виявлення та усунення економічного збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води є одними з найважливіших завдань організаційно-економічного механізму



водокористування. Для виявлення шкідливого впливу водного фактора на погіршення здоров'я населення необхідно комплексно роаналізувати стан водопостачання у регіоні, правильно обрати контингент водоспоживачів для дослідження й оцінити якість питної води. Завершальним етапом мають стати заходи щодо усунення фактичних економічних збитків від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води. Першочерговими завданнями для усунення зазначених економічних збитків, спричинених споживанням забрудненої питної води, на державному рівні мають бути:

1) урахування економічного збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води під час застосування економічних інструментів організаційно-економічного механізму водокористування у регулюванні відносин між суб'єктами, що надають водні послуги, та їх споживачами;

2) підвищення відповідальності суб'єктів господарювання, діяльність яких може мати деструктивний характер для довкілля;

3) упровадження системи страхування ризиків та створення страхових фондів, пов'язаних із ризиком вживання неякісної питної води населенням;

4) реалізація механізму своєчасного і повного відшкодування збитків, пов'язаних із негативним впливом на здоров'я населення неякісної питної води, заподіяних третіми особами. Заходи щодо зменшення збитків від погіршення здоров'я внаслідок вживання забрудненої питної води можна розділити на:

1) економічні:

– підвищення плати за забруднення навколишнього середовища;

– страхування населення від надзвичайних ситуацій, пов'язаних із постачанням неякісної питної води;

– податкове реформування з метою спрямування частини податків населення та суб'єктів господарювання на забезпечення водоочисних заходів;

2) правові:

– упровадження у країні системи суцільного моніторингу джерел питної води в місцях її споживання;

– розроблення та впровадження національних програм покращання умов водопостачання та якості питної води;

– удосконалення державного законодавства щодо застосування у технологічних процесах існуючих і виявлених на поточний момент шкідливих речовин та запровадження бази даних таких речовин в Україні;

3) організаційно-технологічні:

– розширення мережі науково-дослідних закладів із виявлення та дослідження дії на здоров'я населення шкідливих речовин, які забруднюють водні об'єкти;

- підвищення вимог до контролю за якістю питної води;
- організація високопрофесійних сервісних служб щодо санітарно-технічного забезпечення населення якісною питною водою;
- упровадження у практику водопостачання засобів очищення води на основі новітніх технологій або модернізація існуючих;
- інформування населення про необхідність підвищення інформованості громадських організацій і населення щодо можливих наслідків для здоров'я під час використання неякісної питної води;
- перехід від хімічних методів очищення питної води до біологічних;
- прогнозування наслідків забруднення навколишнього середовища у просторово-часових координатах з метою попередження проникнення шкідливих речовин до джерел питної води.

На основі аналізу [114; 127] у таблиці 3.1 наведені основні методи очищення води від найбільш поширених забруднюючих речовин.

### Основні методи очищення води

Методи очищення води	Спрямованість дії методу	Особливості методів очищення вод
1	2	3
Флотация	Видалення нерозчинних домішок, що погано відстоюються, та синтетичних поверхнево-активних речовин	Безперервність процесу, широкий діапазон застосування, невеликі капітальні та експлуатаційні витрати, проста апаратура, порівняно з відстоюванням більша швидкість процесу, високій ступінь очищення (95-98%)
Адсорбційне очищення	Очищення від розчинених органічних речовин (фенолів, гербіцидів, пестицидів, ароматичних нітросполук, поверхнево-активних речовин, барвників)	Висока ефективність (80-95%); можливість очищення стічних вод, що містять кілька речовин
Іонообмінне очищення	Очищення від металів (цинку, міді, хрому, нікелю, свинцю, ртуті, кадмію, ванадію, марганцю та ін.), а також сполук миш'яку, фосфору, ціаністких сполук і радіоактивних речовин	Високій ступінь очищення води; можливість застосування при знесоленні води
Екстракція	Феноли, масла, органічні кислоти, іони металів та ін.	Залежать від концентрації забруднюючих речовин. Рационально використовувати при концентраціях вище 3-4 г/л
Зворотний осмос	Частки, розміри яких не перевищують розміри молекул розчинника	Невеликі витрати енергії; можливість проведення процесу при кімнатних температурах без застосування або з невеликими добавками хімічних реагентів; простота конструкції апаратури
Десорбція летких домішок	Сірководень, діоксид сірки, сірковуглець, аміак, діоксид вуглецю та ін.	
Коагуляція і флокуляція	Видалення колоїдних домішок	

2. Для підвищення надійності водоочищення від нафтопродуктів, СПАР, розчиненого заліза і марганцю, а також вірусів потрібні спеціальні методи очищення – адсорбційні, окислювально-адсорбційні, а за необхідності й методи опріснення. Під час використання певного режиму обробки питної води з метою її очищення найбільш важливим є індивідуальний підбір технологічної схеми та режиму обробки води на

конкретній водопровідній станції з урахуванням якості води у природному джерелі та пори року. Це забезпечить мінімізацію вмісту у воді алюмінію (під час використання алюмінійвмісних реагентів для коагулювання води), активного хлору, тригалометанів та інших галогеновмісних вуглеводнів (під час хлорування води) та формальдегіду. На основі поданої у 1-му розділі класифікації показників якості води (див. табл. 1.6) можна цілеспрямовано здійснювати моніторинг за процесами підготовки і розподілу питної води, модифікувати технологічні процеси в системах централізованого господарсько-питного водопостачання населених пунктів. З метою покращання якості *водопостачання із глибоких підземних горизонтів* необхідно:

- збільшити кількість контрольних об'єктів для своєчасного виявлення шкідливих речовин у підземних горизонтах;
- збільшити число контрольованих показників для своєчасного запобігання збитку під час виявлення у питній воді шкідливих речовин;
- нівелювати можливість вторинного забруднення води під час її підготовки та транспортування шляхом удосконалення методів очищення та модернізації систем передачі води;
- здійснити облаштування зон санітарної охорони та посилити контроль за ними;
- забезпечити гідроізоляцію шкідливих відходів, які знаходяться у межах можливого впливу на підземні горизонти.

З метою поліпшення *водопостачання з поверхневих джерел* необхідно звернути увагу на зниження небезпеки забруднення самих джерел водопостачання шляхом недопущення забруднення водозбірних територій.

Для цього потрібно чітко визначити водоохоронні та прибережні захисні смуги водних об'єктів з метою недопущення їх забруднення, засмічення та замулення. При цьому необхідно розширити й уточнити перелік шкідливих речовин, які потрапляють у питну воду та залучити додаткові капіталовкладення на водоочищення. У практиці водокористування доцільно перейти до басейнового принципу управління, який передбачає також управління найменшими природно взаємозв'язаними ланками –басейнами малих річок. Разом з тим необхідний особливий підхід до кожного водного басейну, оскільки фізичні, хімічні, біологічні властивості та антропогенне навантаження для різних джерел відрізняються. Тому для сприяння ефективного управлінню ними у межах великих басейнів потрібно виділяти менші й навіть окремі, створювати бази даних, які будуть містити інформацію про кожне джерело. Зокрема, середню швидкість течії річки, середньорічний стік, об'єм води рекомендовані норми її відбору, норми скидань, швидкість самовідновлення при рекомендованих нормах відбору і скидання, взаємозв'язок з іншими підземними і поверхневими джерелами тощо. Необхідно віддати належне позитивному впливу лісомеліорації на якість води в річках. Ліс очищає воду від шкідливих хімічних речовин, а також токсичних домішок. Завдяки лісовим насадженням вода звільняється від шкідливих мікроорганізмів та хвороботворних бактерій. Подовжуючи

термін танення снігів, ліси тим самим зменшують потужність і збільшують тривалість повеней, гарантують регулярність стоку води та його очищення від забруднення [146, с. 55]. Заліснення водозбірних басейнів відповідним чином впливає і на розподіл та кількість твердого стоку. Протидіючи ерозії та дреноуючи ґрунт, лісові насадження запобігають сповзанню та обвалу берегів у руслах річок. Важливою складовою екосистеми річок є також луки. Вони виконують бар'єрну функцію між річкою та площею водозбору і виступають як акумулятори та трансформатори біогенних елементів, які переміщуються з площі водозбору в напрямку річищ річок. Наведемо також заходи, що сприяють зменшенню несприятливого впливу водних екосистем на господарську діяльність:

- запобігання забудові заплав;
- реконструкція протипаводкових об'єктів (греблі, укріплення берегів, тимчасові акумулювальні протипаводкові водосховища і т.п.);
- зміна структури сільськогосподарських угідь;
- захисні заходи – локальний захист найбільш цінних господарських об'єктів;
- додержання вимог водного законодавства.

Основний стік річок України формується за її межами, що ставить країну в своєрідну залежність від сусідніх держав і спонукає невідкладно почати вирішення проблем у сфері раціоналізації використання транскордонних водних ресурсів. Партнерство у такому разі має бути справедливим і взаємовигідним для всіх водокористувачів транскордонних басейнів. До першочергових напрямів вирішення проблем транскордонного використання водних ресурсів можна віднести:

- надання фінансової підтримки програмам та проектам транскордонного співробітництва;
- участь у процесі розвитку міжнародного водного законодавства та співробітництво з міжнародними організаціями стосовно водокористування;
- розроблення єдиних екологічно обґрунтованих нормативів антропогенного навантаження на спільні водні басейни;
- створення спільних рекреаційних або туристичних зон з підвищеними екологічними вимогами до стану водних екосистем;
- обмін інформацією про стан спільних водних об'єктів між гідрологічними постами країн;
- взаємний обмін інформацією між країнами про заходи у транскордонних водних об'єктах: обсяги відбору поверхневого стоку та підземних вод, залпові скидання, осушення територій, побудова гідротехнічних об'єктів (греблі, ГЕС і т.п.), що негативно впливає на біорізноманітність басейнових екосистем; перекидання стоків річок до районів з обмеженими водними ресурсами і т.п.;
- організацію спільних наукових конференцій з метою обміну досвідом у вирішенні проблем водокористування;
- залучення міжнародних організацій до співробітництва у сфері міждержавних водних ресурсів;

- налагодження співробітництва щодо запобігання та ліквідації паводків та інших несприятливих явищ у спільних водних басейнах;
- розроблення єдиного плану управління річковим басейном;
- розроблення програм спільного моніторингу якості води;
- запровадження принципу «забруднювач платить»;
- упровадження новітніх технологій для очищення забруднених стоків, які скидаються у транскордонні води;

створення інтерактивних баз даних, методів екологічної експертизи процесів водокористування, а також моделей прогнозування використання водних ресурсів;

- створення єдиного «банку води» країнами, що мають спільний водний басейн, у якому у межах рекомендованих басейнових норм можна було б придбати (або продати) певні обсяги води для використання або розбавлення забруднених стоків.

Основною причиною сучасних водних конфліктів є негативні екстерналії, які формують різні види господарської діяльності межуючих країн. Наприклад, забруднені точкові та дифузійні стоки «верхньої» за течією країни можуть завдати збитків реципієнтам країни, що знаходиться нижче за течією. З іншого боку, занадто високі відбори води у «нижній» країні можуть призвести до порушення екологічного режиму всього басейну, тим часом як побудова ГЕС може призвести до паводкових явищ вище за течією. Однак можна спостерігати і позитивні екстерналії, наприклад:

- створення країнами у прикордонній басейновій зоні заповідної території;
- насадження дерев, що сприяє стабілізації та покращанню гідрологічного режиму річок;

- упровадження інноваційних способів очищення забруднених стоків і т.п.

У сільській місцевості з метою якісного водопостачання необхідно забезпечити хоча б кілька джерел сучасними комплексами очищення води.

До першочергових заходів поліпшення водопостачання можна віднести:

- організацію індивідуального водоочищення безпосередньо на рівні колодязів і каптажів за рахунок державних, приватних та іноземних інвестицій;
- поступове переведення сільського водопостачання з ґрунтового стоку та поверхневих упровадження локальних станцій багатоступеневого очищення питної води особливо для соціальних закладів (лікарні, школи, дитячі садки, їдальні і т.п.), що вирішує проблему забезпечення питною водою окремо взятих об'єктів та населених пунктів з незначними обсягами водоспоживання;
- паспортизацію джерел питної води;
- заміну застарілих водопроводів сучасними;
- встановлення додаткових систем доочищення води під час передавання її на значні відстані;
- технічне оснащення районних санепідемстанцій з метою своєчасного виявлення шкідливих речовин у питній воді сільських населених пунктів;

- створення оперативних технічних служб для своєчасного обслуговування водопровідних систем.

До загальних заходів поліпшення якості прісної води можна віднести налагодження розгалуженої системи моніторингу за станом поверхневих та підземних вод з одночасним контролем суб'єктів господарювання (СГ) – потенційних забруднювачів водних об'єктів. Також сюди можна віднести контроль якості атмосферних опадів та ґрунту. Для детального аналізу техногенної ситуації необхідна наявність карт із точним розміщенням потенційних джерел забруднення поверхневих та підземних вод.

Критеріальною базою при цьому може служити розподіл водних джерел за кратністю перевищення ГДК. На ці самі карти варто нанести і місця відбору води із зазначенням витрат її відбору. Необхідно також зібрати інформацію про конкретні шкідливі речовини: час їх розпаду, характеристики ґрунту в місцях ризику забруднення підземних вод і т.п. Це дозволить розрахувати час, за який забруднені води досягнуть підземних, та зробити висновки про можливі обсяги еколого-економічного збитку і ступінь забруднення в результаті екодеструктивної діяльності Комплекс організаційно-економічних заходів, спрямованих на збереження природних водних джерел та їх екосистем, можна подати таким чином:

- створення біологічних фільтрів і біоплато для відтворення та поліпшення якості води у водоймах і водотоках;
- створення екомережі (водоохоронні зони, екологічні коридори і т.п.) з метою захисту водних екосистем від негативних факторів;
- створення систем захисних лісових насаджень у басейнах річок з метою очищення поверхневого стоку від забруднюючих речовин;
- залучення додаткових відновлювальних властивостей водних екосистем шляхом перерозподілу антропогенного навантаження на сусідні водні басейни;
- досягнення оптимальності водокористування у регіоні шляхом обґрунтованого комбінування обсягів відбору поверхневих та підземних вод;
- заміна пестицидів, які використовуються у сільському господарстві, біологічними методами боротьби із бур'янами з метою мінімізації ризику їх потрапляння до водних джерел;
- зміна ставок тарифів на воду має узгоджуватися з динамікою розвитку національної економіки;
- розбавлення підприємствами-водокористувачами забруднених стічних вод до безпечних концентрацій;
- реалізація громадського моніторингу за водними ресурсами шляхом залучення представників громадських організацій до процесів контролю та врахування інтересів усіх верств населення під час їх використання;
- забезпечення усіх верств населення інформацією про стан водних ресурсів та екологічно небезпечні процеси водокористування;
- створення гідрологічних постів, які спостерігають за водністю річок, їх хімічним та гідробіологічним складом;
- удосконалення законодавчої бази у сфері водокористування.

організація аукціонів на водні ресурси;

- розмежування прав власності на водні об'єкти;
- введення заборони на захоронення токсичних відходів у місцях високого ризику забруднення підземних або поверхневих вод;
- демонополізація власності на водні ресурси;
- екологічне кредитування водокористувачів, що здійснюють водоохоронні заходи;
- утилізація шахтних і дренажних вод;
- нарощування потужностей діючих очисних споруд;
- упровадження новітніх методів очищення комунальних та промислових стоків;
- децентралізація управління водогосподарською діяльністю, зокрема впровадження басейнового принципу управління;
- упровадження фінансових санкцій для підприємств, які ухиляються від своєчасної сплати зборів за водокористування.

Також можна економічно впливати на стабілізацію водокористування за допомогою економічних інструментів, які широко застосовуються у загальній практиці природокористування. Одними із ефективних інструментів оптимізації розподілу антропогенного навантаження на водні джерела є введення ліцензій на відбір води і скидання та організація торгівлі ними. До переваг ліцензування ринку води потрібно віднести:

- 1) контроль за загальним обсягом відбору води та скиданням забруднених вод у межах водного басейну;
- 2) стимулювання економії абсолютних обсягів відбору води або зменшення скидань у результаті перепродажу ліцензій. Водокористувачі будуть зацікавлені у реалізації водоохоронних заходів, оскільки економія води і зниження скидання нададуть їм можливість реалізовувати «вільні» ліцензії, що може служити додатковим джерелом фінансування розвитку їх виробництва.

3. Виявленням обставин, за яких окремий вид розподілу ресурсів вважався б кращим, займається економіка добробуту. Рівень соціально-економічної ефективності, або оптимальності використання обмежених ресурсів, визначається за допомогою аналізу закону розподілу Парето. Тому нами на основі зазначеного закону запропоновано визначати ступінь ефективності розподілу водокористувачів за обсягами спожитої води або платежів за неї, а також ступінь її дефіциту у певному регіоні. Закон Парето ґрунтується на методі щільності розподілу. Під щільністю розподілу будемо розуміти відношення кількості споживачів водного ресурсу, величина платежів яких знаходиться в межах певного інтервалу, до розміру цього інтервалу. Тобто сутність щільності розподілу полягає у тому, що вона показує, як часто з'являється випадкова величина  $X$  (у нашому випадку – споживачі води) у деяких межах точки  $c$  (величина платежу за воду). Дефіцит водних ресурсів загалом формується під впливом «найбільших» споживачів ринку прісної води, тобто такими споживачами, які конкурують за великі обсяги води.

Саме завдяки конкуренції між цими споживачами можна спостерігати «важкхвости» розподілу Парето – частину функції щільності розподілу, яка в логарифмічному масштабі є прямою лінією, а тангенс кута її нахилу дорівнює показнику Парето  $\alpha$ . Побудова розподілу Парето полягає у такому: для аналізу використовують дані про споживання води водокористувачами регіонального ринку. У зв'язку з цим необхідно знати, скільки кожний водокористувач споживає води за певний період часу. Вихідні дані упорядковуються за обсягом споживання води. При цьому вісь абсцис розбивається на досить малі інтервали таким чином, щоб, з одного боку, була збережена інформація, а з іншого – величина статистичного шуму знаходилась у межах гаусівської норми. Тоді вісь ординат становитиме щільність розподілу  $P$ :

$$P_i = \frac{f_i}{h_i},$$

де  $i P$  - щільність розподілу для  $i$ -го інтервалу;

$i f$  - кількість суб'єктів у  $i$ -му інтервалі;

$i h$  - величина  $i$ -го інтервалу.

Для зручності та наочності вісі логарифмують, і якщо між суб'єктами існує конкуренція за ресурс, то у результаті отримаємо розподіл Парето [62]. Більш докладно алгоритм побудови графіків щільності розподілу водокористувачів за обсягами спожитої води або платежів за неї подано у додатку Б. З метою апробації закону Парето на прикладі розподілу споживачів водних ресурсів нами були опрацьовані дані про середньорічні та середньомісячні платежі за спожиту воду домогосподарствами (ДГ) та суб'єктами господарювання (СГ) м. Шостки та відповідно м. Сум за декілька років. Споживачі були проранжовані за розміром платежів за воду, і визначалася величина інтервалу платежів. При цьому критеріями вибору розміру інтервалів стали: по-перше – збереження інформації про неоднорідність функції щільності, по-друге – мінімізація статистичного шуму. Окрім того, у кожному інтервалі повинно було бути не менше трьох споживачів. На останньому етапі розраховувалася щільність розподілу – величина, яка є часткою від ділення кількості споживачів на величину відповідного інтервалу платежів. Для наочності отримані графіки розподілу наведені у логарифмічному масштабі, обробка даних виконувалася на програмному комплексі Delphi 6. Для перевірки точності й достовірності результатів дослідження визначення показників Парето здійснювалося по кожному року трьома методами:

- 1) графічним методом, коли показники Парето визначалися через тангенс кута нахилу «важкого хвоста» розподілу;
- 2) за формулою, наведеною у [173];
- 3) методом найменших квадратів.

У результаті обробки інформації були отримані графіки щільності розподілу ДГ і СГ м. Сум та м. Шостки за річними платежами за спожиту воду та каналізаційні послуги, а також за обсягами спожитої води та стоків (рис. 3.1-3.6).



Згідно з [25, с.70] для побутових і питних потреб витрачається близько третини загального споживання свіжої води. Отже, приблизно дві третини загального споживання припадає на промисловість та сільськогосподарські потреби. Таким чином, більш цікавим для аналізу є розподіл найпотужніших водокористувачів, що відбувається саме за законом Парето. Імпонує цьому і відсутність конкуренції за воду між домогосподарствами, що підтверджується розподілами домогосподарств, форма яких збігається з відомим розподілом Больцмана-Гібса. Взагалі між показником Парето і ціною води математично складно виявити залежність, оскільки ціна води не має вирішального значення для досягнення оптимальності розподілу. Поряд із ціною води на розподіл будуть впливати загальний економіко-політичний стан у країні, обсяги експорту води, зміна технологій і т.п. На ступінь ефективності розподілу водокористувачів за спожитими водними ресурсами або платежами за них здійснюють вплив природні умови території, наявні виробничі потужності водомістких галузей, залежність від транскордонних водних ресурсів тощо. Існування «хвостів» Парето – невід’ємна складова масових конкурентних середовищ. Тут завжди існують різні за потужністю споживачі ресурсів, які здатні їх споживати з різною ефективністю. «Важкі хвости» Парето у цьому разі можуть бути як індикатор оптимальності розподілу того чи іншого ресурсу. Як було показано раніше, є досить багато досліджень, у яких можна знайти підтвердження оптимального використання того чи іншого ресурсу при значенні показника Парето «-2».

4. Спроба визначити межі показника Парето зроблена у праці [55], де запропоновано своєрідну класифікацію ресурсів «залежно від величини теоретично виділеного значення показника степені «мінус два». Ресурси можуть бути поділені на дві групи: «конструктивні» та «деструктивні», причому останні, у свою чергу, можна поділяти на «дефіцитні» та «надлишкові». Проведений аналіз критеріїв економічної рівноваги ресурсних ринків дозволяє виділити окремий індикатор оптимальності – значення показника Парето «мінус два». На основі отриманих нами результатів та з урахуванням аналізу останніх досліджень науковців, зокрема поданих у таблиці 2.4, можна виділити межі варіації показника Парето і відповідно три основні стани водогосподарської системи:

- 1) стан, спричинений надлишковістю води;
- 2) стан оптимального ринкового розподілу води;
- 3) стан, спричинений дефіцитністю води.

При значенні показника Парето  $-1 \geq \alpha > -1,8$  водні ресурси є надлишковими, і регульовальна система може бути спрямована на стимулювання їх розподілу через встановлення пільг, зниження ціни на водні ресурси, розроблення програм, які сприяють, наприклад, створенню сприятливих економічних умов для водомістких суб’єктів господарювання і т.п. При  $\alpha = -2 \pm 0,2$  розподіл суб’єктів господарювання формується на основі суто ринкового регулювання, тобто виникає переважно спонтанно, що відповідає оптимальному розподілу споживачів за обсягами водних ресурсів. При

значенні  $-2,2 > \alpha \geq -3$  споживачі конкурують за дефіцитний водний ресурс, що сприяє монополізації ринку води. Причому чим вище абсолютне значення показника Парето, тим більше проявляється монополізм, який полягає, зокрема, у виникненні дефіциту ліцензій на відбір води та скидання забруднених вод. Основна частина ліцензій може опинитися в обмеженого кола водокористувачів. У такому разі регулювання передбачає застосування економічних санкцій до окремих водокористувачів. На рис. 3.7 схематично зображено характеристики розподілу водокористувачів за величиною плати за воду залежно від значення показника Парето.

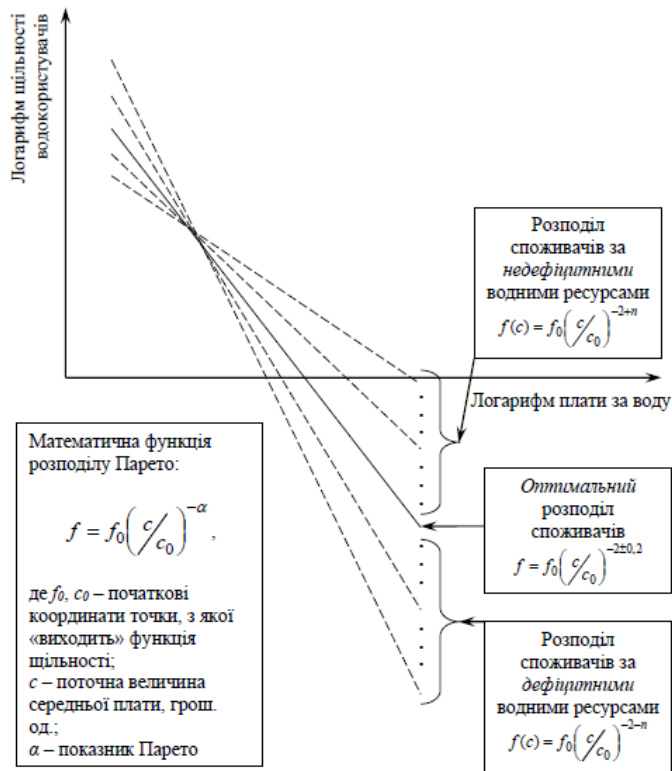


Рис. Характеристика розподілу водокористувачів за величиною плати за воду на основі значення показника Парето (експериментально встановлено, що  $n \approx 0,3-1$ )

Результати проведеного дослідження виявилися досить парадоксальними: при існуючих проблемах забруднення і виснаження водних ресурсів питна вода залишається недооціненим ресурсом, що вказує на проблеми її арифікації. Підприємства конкурують за воду досить слабо, але в той же час наявність «важкого хвоста» Парето свідчить про самоорганізацію ринку води. Тоді у такому разі досліджувану систему можна розглядати як різновид синергетичної системи. Величина показника Парето для щільності розподілу юридичних осіб за платежами за спожиту воду (табл. 3.2) для м. Шостки варіює у межах від -1,58 до -1,54. Не надто відрізняються результати і для м. Сум [55], де показники розподілу споживачів за середньомісячними платежами за воду залежно від року змінюються від -1,63 до -1,53. Закон степеневий зміни щільності розподілу описує і конкуренцію за каналізаційні потужності водоканалів (рис. 3.5). Показники Парето тут різняться від -1,31 до -1,47 залежно від року. При цьому динаміка показників Парето має

загальну тенденцію до їх збільшення. Згідно зі значенням показника розподілу Парето (див. табл. 3.2) за платежами за послуги водоканалу у м. Шостці та у м. Сумах загальна тенденція зміни величини цього показника тяжіє до зменшення, що характеризує деяке поліпшення політики водоспоживання. Разом з тим високі значення показника Парето свідчать про неадекватну ціну питної води у Сумському регіоні, наслідком чого є заниження тарифів водокористування, динаміка яких відстає навіть від реальних темпів інфляції. Що стосується каналізаційних послуг, то хоча каналізаційні системи і потребують модернізації, все ж таки їх потужностей достатньо для обслуговування сучасного населення і промисловості м. Шостки. Цим пояснюються високі значення показника Парето, а відповідно і низький рівень конкуренції за потужності систем відведення стоків місцевого водоканалу. Таким чином, показник Парето показує ступінь зарегульованості ресурсних ринків. Проведене дослідження вказує на необхідність створення державними регулювальними органами сприятливих умов для переходу до ринкового ціноутворення на водні ресурси. Під час використання економічних інструментів, які дозволять досягти значення показника Парето «-2», можна оптимізувати розподіл водних ресурсів у просторі. Одним із вагомих економічних важелів є ціна на воду. При її підвищенні варто очікувати «опускання» «хвоста» Парето, оскільки подорожчання ресурсу спричинить зменшення щільності водомістких споживачів за рахунок економії води. Таку економію споживачі можуть реалізувати:

- зменшуючи споживання шляхом застосування безводних технологій виробництва;
- за рахунок оптимізації розміщення виробництв, що забезпечить послідовне багаторазове використання води;
- за рахунок удосконалення методів очищення стічних вод;
- шляхом створення систем оборотного водоспоживання;
- через зменшення водомісткості продукції і т.п.

Дослідження розподілу водних ресурсів на регіональних ринках за допомогою методу щільності розподілу дозволять сформулювати правильні управлінські рішення щодо забезпечення оптимальності розвитку водогосподарських систем у загальній стратегії забезпечення сталого розвитку.

Якщо значення показника Парето знаходиться в діапазоні  $-1 \geq \alpha > -1,8$ , необхідно стимулювати наближення до оптимального стану розподілу ринкових суб'єктів через підвищення цінності води шляхом:

- підвищення тарифів на воду;
- збільшення зборів за скидання.

## 5. Організаційно-економічні заходи щодо оптимізації функціонування ринку водних ресурсів

При $-1 \geq a > -1,8$	При $-2,2 > a \geq -3$
<p><b>Економічні заходи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Ініціювання підвищення тарифів на водокористування через зниження податкових пільг для водоканалів.</li> <li>Підвищення нормативів зборів за спеціальне водокористування шляхом віднесення до них витрат на: компенсацію збитків, пов'язаних із забрудненням водних ресурсів; водоохоронні заходи; водної ренти; відновлення основних фондів регіонального водогосподарського комплексу.</li> <li>Підвищення вартості ліцензій на право користування водними об'єктами.</li> <li>Зменшення або скасування існуючих податкових пільг для суб'єктів господарювання зі значними обсягами споживання води або технології яких є застарілими.</li> <li>Застосування штрафних санкцій за несвоєчасну сплату зборів за спеціальне водокористування.</li> <li>Введення додаткових зборів за: стоки з урбанізованих територій, залежно від кількості річних опадів, виду діяльності і площі, яку займає суб'єкт господарювання; за безповоротний відбір води; за гіпотетичні об'єми води, яка необхідна для розбавлення забруднених вод до безпечних концентрацій; за будову заплавних територій, прибережних смуг і т.п.</li> </ol>	<p><b>Економічні заходи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Торгівля лімітами на використання води та скидання за методом «басейнової бульбашки».</li> <li>Диференціація тарифів на водокористування залежно від обсягів споживання води.</li> <li>Підсилення антимонопольних заходів у сфері водокористування</li> </ol>
<p><b>Організаційні заходи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Перегляд екологічно обґрунтованих лімітів забору води з водного басейну з метою їх скорочення.</li> <li>Організація аудиту з метою виявлення порушень у сфері водокористування: виявлення незаконних заборів води з поверхневих і підземних джерел; аналіз шляхів використання безкоштовно наданої води і прийняття рішень щодо її обмеження; виявлення порушень під час скидання забруднюючих речовин, наприклад, залпових скидань, несанкціонованих «врізань» у каналізаційні системи шляхом аналізу діяльності суб'єктів господарювання і т.п.</li> <li>Упровадження вимірвальних приладів для контролю обсягів водопостачання</li> </ol>	<p><b>Організаційні заходи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Аналіз структури водокористування з метою виявлення найбільш водомістких водокористувачів і прийняття адміністративно-економічних заходів щодо стимулювання підприємств до впровадження маловодних і безводних технологій.</li> <li>Організація страхової діяльності підприємств від ризиків, пов'язаних з процесами водокористування.</li> <li>Збільшення обсягів водоспоживання шляхом комплексного використання потенціалу поверхневих і підземних вод; залучення менш якісних водних ресурсів у господарський обіг; експортування водних ресурсів з інших басейнів.</li> <li>Організація аукціонів на отримання дозволів на використання водних об'єктів.</li> <li>Посилення контролю за лімітуванням водокористування.</li> <li>Спрощення системи видачі дозволів на водокористування</li> </ol>

Про це свідчить і стаття 47 Водного кодексу України: «Загальне водокористування здійснюється громадянами для задоволення їх потреб (купання, плавання на човнах, любительське і спортивне рибальство, водопій тварин, забір води з водних об'єктів без застосування споруд або технічних пристроїв та з криниць) безкоштовно, без закріплення водних об'єктів за окремими особами та без надання відповідних дозволів». Навіть у разі спеціального водокористування господарсько-побутові потреби мають першочергове значення (статті 55, 66 Водного кодексу). Відносно рідко

домогосподарства використовують воду, наприклад, для власних басейнів або саун. Але навіть з урахуванням цього використані обсяги не можуть бути порівнянними із обсягами використання води юридичними особами для технологічних цілей. Тому акцент під час зміни тарифної політики необхідно робити на групі суб'єктів господарювання. Окрім зносу основних засобів первинних водокористувачів варто виділити ще декілька причин невідповідності обсягів споживання і відведення води:

- безконтрольний відбір води з мереж водоканалів, наприклад з колонок на вулицях поселень (деякі підприємці, використовуючи «безкоштовний» ресурс, наприклад, для продажу бутильованої води або миття автомобілів);
- поширення практики власних незаконних водозаборів як підземного, так і поверхневого стоків. Необхідно зазначити, що виявлення таких порушень є окремою складною проблемою;
- зростання товарообігу водомісткої продукції та безпосередньо бутильованої води, яка імпортується з інших районів або навіть інших країн;
- послаблення моніторингових функцій екологічних організацій щодо скидання забруднених вод та водночас зростання «екологічних порушень», прикладом чого можуть бути залпові скидання, які призводять до значних екстернальних втрат.

Кожна з причин по-різному впливає на дисбаланс у водокористуванні, тому необхідно у відповідній пріоритетній послідовності фінансувати економічно обґрунтовані програми, спрямовані на вирішення зазначених проблем. Проведений аналіз дозволяє відповісти на запитання щодо існуючої неоптимальності розподілу водокористувачів за спожитою водою або платежами за неї на сучасному ринку водних ресурсів. Зокрема, при відносно малій забезпеченості прісною водою України в цілому спектральний розподіл споживачів за водними ресурсами на прикладі м. Сум та м. Шостки свідчить, що вода для споживачів цих міст є надлишковим, недефіцитним ресурсом, оскільки значення показника Парето коливається в межах -1,3 – -1,7. На державному рівні сприяти оптимізації водокористування на водних ринках можна шляхом:

- розроблення і впровадження національних програм, які дозволять модернізувати водогосподарську систему шляхом урахування вартості модернізації у тарифи та/або збори за спеціальне водокористування;
- законодавчого сприяння демонополізації ринку води внаслідок переорієнтації на басейновий принцип управління;
- розширення асортименту послуг водоканалів (наприклад, у розвинених країнах розділяють потоки води для господарських та питних потреб);
- цінової диверсифікації послуг з водокористування, яку можна реалізувати на основі аналізу отриманих графіків щільності розподілу водокористувачів (див. рис. 3.1-3.6);
- фінансування заходів із автоматизації напірних систем, потужність яких буде варіювати залежно від потреб споживачів;
- повного переведення споживачів на реєстрацію обсягів споживання води за допомогою лічильників та ін.

Таким чином, управління відносинами у сфері водокористування можна реалізовувати на основі використання показника степеневого розподілу Парето. Його аналіз дозволить зробити висновок про стан ринку водних ресурсів: або він занадто зарегульований, або вільний, або монополізований. Крім того, це можна виявити і для окремих груп суб'єктів розподілу та адресно економічно впливати на них з метою усунення диспропорцій у водокористуванні. У цілому значення показника Парето дозволяє відстежувати вплив прийнятих законодавчих і нормативних актів та організаційно-економічних рішень на ринок водних ресурсів та раціоналізацію механізму водокористування взагалі. Підбиваючи підсумки, варто ще раз зазначити, що проведений аналіз критеріїв оптимізації стосується рівноваги розподілу водних ресурсів у просторі за умови екологічно збалансованого управління їх розподілом у часі. Саме розподіл у часі реалізує базову функцію концепції сталого розвитку шляхом встановлення квот на відбір прісної води з природних джерел та скидання.

6. Відомо, що економічні системи взагалі не можуть перебувати у стані стабільної рівноваги, їх нормальний стан – динамічна рівновага. Це стосується й економіки України, її динаміку необхідно розглядати як рух від одного нерівноважного стану до іншого. Таким чином, теорія нерівноважних процесів для дослідження розвитку економіки України набуває особливої та наукової значущості. В індустріальну епоху, що різко прискорила темпи зміни базових гомеостазів (станів динамічної рівноваги) економічної системи, технологічні цикли в індустріально розвинених країнах становили не менш трьох-п'яти років. Саме вони визначали періодичність корінних трансформацій структур національних економік і радикальної зміни базової номенклатури промислових підприємств. В інших країнах це відбувалося ще повільніше. Донедавна основний акцент людство робило на підтримці гомеостазу економічних систем і використання відповідного інструментарію механізмів негативного зворотного зв'язку у вигляді обмежень, заборон і т.п. Сучасна інформаційна епоха змінює характер процесів розвитку економічних систем. Трансформаційні процеси зміни гомеостазу стають практично безперервними, що докорінно змінює і завдання людини як учасника та основного координатора виробничої системи. На перший план виходить її вміння приймати рішення в практично безперервному трансформаційному процесі, уміло використовуючи інструментарій механізмів позитивного зворотного зв'язку. У сучасних умовах стає очевидним, що економічна система по-різному реагує (або змушена реагувати) на однакові фактори зовнішнього впливу в різні періоди часу. Якщо завдання підтримки гомеостазу (механізми негативного зворотного зв'язку) спирається головним чином на негативну мотивацію, то перехід до нового стану з новим гомеостазом системи відбувається в основному за допомогою позитивної мотивації (механізми позитивного зворотного зв'язку). Перехід від одного рівноважного стану до іншому ніколи не відбувається миттєво. Будь-який екзогенний шок породжує цілий ланцюг подій, що в остаточному підсумку

призводить до встановлення нової динамічної рівноваги. Зрозуміти, за яким сценарієм будуть розвиватися події, можна тільки дослідивши хід їх розвитку. Процес соціально-економічного розвитку постає сьогодні у вигляді безперервного ланцюга змін. Так само, як і еволюційні процеси живих і неживих структур у природі, він складається із чергування станів стабільності й нестабільності. Але якщо в природі цей процес збалансований і регулюється самою природою, то для досягнення найбільшого ефекту функціонування соціально-економічних систем необхідно забезпечити своєчасну зміну одного стану іншим. Будь-яка система є сукупністю взаємозалежних елементів: кожний елемент окремо має певний ступінь ентропії – невпорядкованості або невизначеності свого стану. Відповідно до принципу синергетичного ефекту під час об'єднання елементів у систему різні фактори так впливають один на одного, що здатні разом досягти більшого ефекту, ніж при окремому їх застосуванні. Але тут треба враховувати, що ентропія системи також може виявитися набагато більшою, ніж просто сума ентропій підсистем у результаті її ускладнення під час об'єднання. Сучасна економіка належить до відкритих динамічних систем. Вона відрізняється своєю непередбачуваністю через те, що її «елементарною частинкою» є людина – високорозвинена та складно передбачувана істота. Досить успішно прогнозуванням і моделюванням економічних процесів останнім часом інтенсивно займається фізична економіка. Тому для більш глибокого дослідження процесів водокористування можна скористатися науковими досягненнями у цьому спрямуванні. Проблема сталого водоспоживання ототожнюється із проблемою нормування використання водних ресурсів у часі. Оптимізація еколого-економічного нормування є ключовою проблемою економіки сталого розвитку. Серед завдань сталого водокористування необхідно виділити забезпечення та дотримання екологічно безпечних норм відбору води і скидання забруднених стоків. Правильним буде зазначені процеси розглядати у часі, оскільки сталий розвиток передбачає добробут майбутніх поколінь. Реалізувати суспільно оптимальну алокацію водних ресурсів можна на основі створення ринку ліцензій на прикладі концепції «бульбашки» під час торгівлі правом на викиди в атмосферу. В такому разі «бульбашкою» є група підприємств-забруднювачів, які скидають відходи своєї діяльності (забруднені стоки, тверді відходи, сміття) в окремий водний об'єкт чи на території його басейну. Тому виникає необхідність дослідити, як будуть розвиватися основні параметри водогосподарської системи при торгівлі ліцензіями на відбір обсягів води та скидання. Загальна кількість ліцензій має відповідати екологічно обґрунтованим нормам антропогенного навантаження для кожного окремого водного басейну. Це змусить підприємства перейти до конкурентних дій, зокрема інвестувати маловодні або безводні технології, будівництво нових та модернізацію існуючих очисних систем, орієнтуватися на продукцію, яка є не водомісткою. При цьому, не змінюючи рівня загального антропогенного впливу учасників ринку води, можна реалізувати оптимальний перерозподіл обсягів води та скидань між водокористувачами.

Досить впливовим чинником на зростання антропогенного навантаження на водні басейни є кількість споживачів та їх виробнича потужність. Навантаження на певний річковий басейн, яке створюють споживачі, має регулюватися у часі з метою забезпечення умов його самовідтворення. Реалізувати механізм сталого розподілу водних ресурсів у часі можна за допомогою адміністративного регулювання. Причому важливо, щоб таке регулювання здійснювали саме басейнові водогосподарські об'єднання. Згідно з [10] одним із основних завдань водогосподарських об'єднань є розгляд і погодження лімітів водоспоживання та дозволів на спеціальне водокористування. З метою переходу на адміністративно-ринкове управління процесами водокористування необхідно системно дослідити можливі варіанти розвитку еколого-економічних взаємодій у межах умовного водного басейну. Для цього виділимо керувальні параметри взаємодій у процесі водокористування і основні позитивні та негативні зв'язки між ними. Подамо взаємозв'язок таких параметрів через механізми зворотного зв'язку (рис. 3.8). Наведена схема побудована на основі дії механізмів зворотних зв'язків, тому змоделювати параметри гомеостазу території, враховуючи сучасні тенденції водовідведення, можна на принципах формування екологічної моделі «хижак-жертва». Під час моделювання обмежимося побудовою холістичної моделі [23], аналізом її властивостей та інтерпретацією результатів. Для побудови холістичної моделі необхідно виділити керувальні параметри водогосподарської системи басейну певної території, а також основні позитивні і негативні зв'язки між ними. Основними керувальними параметрами водогосподарської системи окремого басейну ми визначаємо такі:

- коефіцієнт річкового водозабору  $k_a$ ;
- умовна ціна  $C$  1 м<sup>3</sup> води;
- середній питомий рівень інвестицій  $I$  на економію 1 м<sup>3</sup> води.

Ефективним інструментом забезпечення розподілу антропогенного навантаження на водні джерела є введення квот і ліцензій на відбір води і скидання та організація торгівлі ними. Це враховує запропонована нами холістична модель (3.2), яка дає змогу прогнозувати сценарії еколого-економічного розвитку регіональних процесів водокористування на основі адміністративно-ринкового регулювання попиту і пропозиції на ліцензії.



(«+» позитивні та «-» негативні зворотні зв'язки)

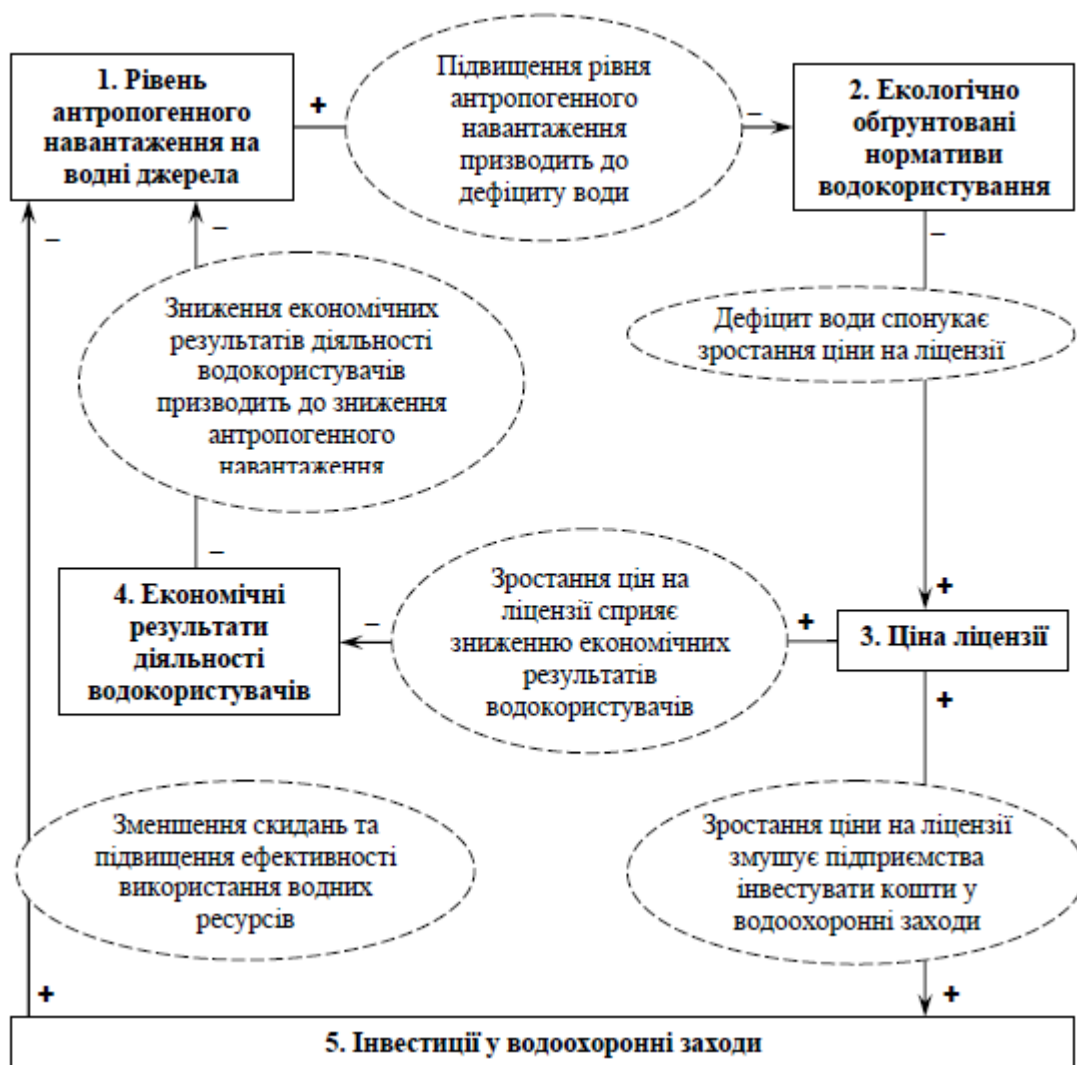


Рис. 3.8. Функціональна схема еколого-економічних взаємодій у процесі водокористування («+» позитивні та «-» негативні зворотні зв'язки)

Її

зміст та керувальні параметри наведені нижче.

$$\begin{cases} \frac{dk_a}{dt} = (\alpha_1 \cdot k_a + \alpha_2 \cdot I) - \alpha_3 \cdot k_a \cdot I(t - \tau_1) \cdot (C - C_{ok}) + \alpha_4 \cdot I(\tau_2) \\ \frac{dC}{dt} = \beta_1 \cdot k_a^2 \cdot C - \beta_2 \cdot C \\ \frac{dI}{dt} = \gamma_1 \cdot k_a \cdot I \cdot (C - C_{ok}) \end{cases}$$

де

- керувальні параметри:

$k_a$  – коефіцієнт антропогенного навантаження

$$k_a = \frac{V_3 + V_{3б} + V_{3в}}{V_{заг}}$$

де  $V_3$  – об'єм забору води з річкової мережі, тис. м<sup>3</sup>/міс.;

$V_{3б}$  – зменшення об'єму річкового стоку внаслідок відбору підземних

вод, які гідравлічно пов'язані з річковою мережею, тис. м<sup>3</sup>/міс.;  
*V*<sub>зв</sub> – об'єм річкової води, необхідний для розбавлення забруднених стоків до безпечного рівня, тис. м<sup>3</sup>/міс.;  
*V*<sub>заг</sub> – загальний стік у річковій мережі, тис. м<sup>3</sup>/міс.;  
*C*– умовна ціна 1 м<sup>3</sup> води, грн/м<sup>3</sup>;  
*I*– середній питомий рівень інвестицій на економію 1 м<sup>3</sup> води, грн/м<sup>3</sup>;  
 - нормувальні коефіцієнти та параметри:  
*α*<sub>1</sub>– темп приросту водомісткого виробництва;  
*α*<sub>2</sub>– темп приросту інвестицій у маловодні технології, очисні споруди, водоохоронні заходи;  
*α*<sub>3</sub>– коефіцієнт, який визначає середню ймовірність зменшення рівня антропогенного навантаження внаслідок подорожчання води або впровадження водозберезжуваних технологій;  
*α*<sub>4</sub>– середній темп зношення основних фондів водогосподарського комплексу території;  
*β*<sub>1</sub>– коефіцієнт дефіциту водних ресурсів.

$$\beta_1 = \frac{V_{\text{потр}} - V_{\text{гарант}}}{V_{\text{гарант}}} + 1,$$

де *V*<sub>потр</sub> – об'єм води, потрібний для задоволення господарських потреб території, м<sup>3</sup>/рік;  
*V*<sub>гарант</sub> – екологічно обумовлений гарантований середньорічний об'єм води, використання якого істотно не порушує природні характеристики функціонування річкової екосистеми, м<sup>3</sup>/рік;  
*β*<sub>2</sub>– імовірний середній темп інфляції;  
*γ*<sub>1</sub>– коефіцієнт «попиту інвестицій» в очисні споруди та маловодні технології

$$\gamma = \frac{E_{I\beta}}{E_{I\alpha}},$$

де *E*<sub>Iβ</sub> – середня ефективність інвестицій в очисні споруди та маловодні технології підприємств, які знаходяться в межах водного басейну;  
*E*<sub>Iα</sub> – середня ефективність інвестицій в альтернативні заходи щодо підвищення результатів еколого-економічної діяльності підприємств, які знаходяться в межах водного басейну;  
*C*<sub>ок</sub>– ціна води, при якій інвестиції у маловодні технології, очисні споруди або водоохоронні заходи будуть рентабельними, грн/м<sup>3</sup>;  
*τ*<sub>1</sub>– середній час введення в дію основних фондів водогосподарського комплексу, місяців;  
*τ*<sub>2</sub>– середній час амортизації основних фондів водогосподарського комплексу, місяців.

Рівноважні значення керувальних параметрів запропонованої моделі можна визначити за формулами

$$k_{ap} = \sqrt{\frac{\beta_2}{\beta_1}};$$

$$C_p = C_{ок};$$

$$I_p = -\frac{\alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_4} \cdot \sqrt{\frac{\beta_2}{\beta_1}}.$$

В основу запропонованої моделі (3.2) покладено принцип дії зворотних зв'язків, тобто збільшення ціни на водні ресурси і скидання забруднених вод призводить із деякою затримкою у часі до зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти, і навпаки – примусове зменшення антропогенного навантаження внаслідок обмеження ліцензій призведе до зростання цін на водні ресурси. Для забезпечення сталого переходу до ринкового регулювання водокористування необхідно визначити ступені впливу зворотних зв'язків, спричинених адміністративними або економічними методами управління. Приймаючи управлінські рішення щодо зменшення антропогенного навантаження або підвищення ціни на водні ресурси на базі запропонованих нормувальних коефіцієнтів, можна спрогнозувати динаміку і рівноважні значення керувальних параметрів водогосподарської системи. З метою збереження водних екосистем як основи відновлення водних ресурсів важливим є дослідження варіації критеріїв сталості водних систем, у межах яких ці системи здатні повертатися до свого природного стану. Європейське екологічне агентство межею водозабору між сталим і несталим використанням вважає 40% річкового водозабору стосовно існуючих місцевих ресурсів, саме ця межа антропогенного навантаження і буде прийнята за рівноважний рівень. Необхідно відзначити, що у практиці управління важливу роль відіграє психологічна складова, яка призводить до істотної відмінності реальної поведінки суб'єктів господарювання від прогнозованої. Розроблена холістична модель досить проста і базується на елементарних психологічних реакціях управлінців. У результаті ми отримуємо циклічні коливання, що складаються із чотирьох фаз. Причинами циклу можуть бути як слабкі, так і сильні еколого-економічні впливи на водогосподарську систему, що виводять її зі стану рівноваги. При слабкому впливі виникає «рівноважний» цикл, при сильному – «нерівноважний». Під «нерівноважним» циклом будемо розуміти цикл із більшим відхиленням параметрів системи від рівноважного стану, відповідно «рівноважному» циклу будуть відповідати невеликі відхилення параметрів з більш рівномірними за часом фазами. Запропонована модель описує обидва види впливу. Для «нерівноважних» циклів характерні більші амплітуди, різкі зміни фаз та їх коливання різної тривалості. Програма розв'язання системи (3.2) подана у додатку В. Розв'язання системи диференціальних рівнянь дозволяє дослідити варіанти динамічної поведінки керувальних параметрів

залежно від первинних даних, що може бути використано для вибору варіанта стратегічного розвитку водогосподарської системи території. На рис. 3.9 наведені результати розв'язання системи рівнянь (3.2). Під час переходу до ринкового регулювання відносин у сфері водокористування можуть виникнути значні коливання рівнів деструктивних навантажень на водні екосистеми та цінова нестабільність.

### **Питання для самоконтролю**

1. Які заходи необхідні для оптимізації розподілу водних ресурсів між споживачами?
2. Назвіть методи очищення води від найбільш поширених забруднюючих речовин.
3. Яким чином можна зменшити збитки від погіршення здоров'я внаслідок вживання забрудненої питної води?
4. Як покращити якість водопостачання із глибоких підземних горизонтів?
5. Які заходи сприяють зменшенню несприятливого впливу водних екосистем на господарську діяльність?
6. В чому полягають загальні заходи поліпшення якості прісної води?
7. Чому питна вода являється недооціненим ресурсом при існуючих проблемах забруднення та виснаження водних ресурсів?
8. Які значення показника Парето вказують на оптимізацію розподілу водних ресурсів у просторі?
9. Які організаційні заходи сприяють раціоналізації використання водних ресурсів?
10. Які економічні заходи сприяють раціоналізації використання водних ресурсів?

## Рекомендована література

### Основна:

1. Даус М. Є., Отченаш Н. Д. Гідроекологічні основи водного господарства, раціональне використання та охорона водних ресурсів : конспект лекцій. Одеса : Одеський державний екологічний університет. 2018. 193 с. URL: <https://tinyurl.com/4hzwfky5>
2. Корвер Арно, Еверс Лоренц, Ф'юстер Ерік, Галбрейт Деклан : Посібник з технологій водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій. Берлін : Buch- und Offsetdruckerei. 2020. 227 с. URL: <https://tinyurl.com/yck2f2y4>
3. Монастирський В.Р. Природні ресурси і рекреаційні комплекси світу : навч. посібник. Львів : ННБК «АТБ», 2022. 200 с. URL: <https://tinyurl.com/2nczr3xm>
5. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води: навч. посібник. К.: ДІА, 2022. 240 с. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/KhilchevskiyV.K.WaterobjectsofUkraine3.08.22..pdf>

### Додаткова:

1. Василенко О.А. Литвиненко Л.Л. Раціональне використання та охорона водних ресурсів: навч. посібник. Рівне: НУВІП. 2006. 247 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1894/1/004%20zah.pdf>
2. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. з дисциплін "Водопостачання промислових підприємств", "Системи водовідведення промислових підприємств" для студентів ЗДІА спец. 192 "Буд-во та цивільна інженерія" Д. В. Прутцьков, В. І. Сокольник, О. Г. Добровольська [та ін.] / ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 194 с. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/2018/f359207.pdf>
3. Раціональне використання водних ресурсів як фактор забезпечення національної безпеки України : матеріали VII Пленуму Співки економістів України та Всеукраїнської науково-практичної конференції). Київ. 2012. 299 с. URL: <http://seu.org.ua/wp-content/uploads/2013/12/voda.pdf>
4. Munné A., Solà C. (2023). Indirect potable water reuse to face drought events in Barcelona city. Setting a monitoring procedure to protect aquatic ecosystems and to ensure a safe drinking water supply Science of the Total Environment.866.161339. URL: <https://tinyurl.com/3d5ky73e>.
5. Stef H.A.(2022). Integrated water resources management in cities in the world: Global solutions. Sustainable Cities and Society.86.104137, URL: <https://tinyurl.com/mus5u7xf>
6. Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В.Б. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с. URL: <https://iem.org.ua/images/librery/4.pdf>
7. Фещенко В.П. Раціональне використання та відновлення водних ресурсів : монографія. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. 250 с.

URL: <https://docplayer.net/71694284-Racionalne-vikoristannya-ta-vidnovlennya-vodnih-resursiv.html>

8. Хвесик М. А. Водні ресурси у промисловому комплексі України. К. : РВПС України НАН України, 2004. 56 с.

9. Хвесик М. А. Продуктивність водоресурсних джерел України: теорія і практика. Київ, 2007. 412 с.

10. Хвесик М. А. Основні тенденції та закономірності використання водних ресурсів у системі суспільного відтворення. URL:<https://tinyurl.com/nhchbjr6>

11. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л., Чунарьов О. В. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник. К. : ВПЦ «Київський університет», 2015. 172 с.

12. Щербак В.І. Інтегроване управління водними ресурсами : наук. збірник / відп. редактор В.І. Щербак. 2014. 379 с.

### **Інформаційні ресурси:**

1. Водний кодекс України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

2. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: [https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn\\_v.2.5\\_74\\_2013.pdf](https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn_v.2.5_74_2013.pdf)

3. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості . [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [http://iccwc.org.ua/docs/dstu\\_7525\\_2014.pdf](http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2019).

4. ДБН В.2.5 – 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди: Основні положення проектування. . [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 219 с. <https://armis.com.ua/docs/dbn/102.1.-DBN-V.2.5-75-2013-Kanalizatsiya-Zovnishni-merezhi.pdf>. (дата звернення: 15.09. 2019).

ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 2010-05-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 35 с.