

Лекція 7. Організаційно-економічний механізм раціонального водокористування

Мета заняття: усвідомлення заходів для переходу на раціональне водокористування; розуміння особливостей викривлення 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. Заходи для покращення процесів водопостачання.
2. Аналіз закону розподілу Парето як критерій оптимальності використання водних ресурсів.
3. Характеристика станів водогосподарської системи відносно закону Парето.
4. Аналіз тенденцій водоспоживання в Україні.
5. Регулювання процесів використання водних ресурсів.

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 стоків;

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 замкнених 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 проаналізувати 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, високий 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 мш'яку, фосфору, ціаністих сполук і радіоактивних речовин	Високий 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	

1. 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 ефективному 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 дренажу грунту, 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;

- дотримання 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»;

- запровадження 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 екстерналиї, 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 екстерналиї, 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 «важкіхвости» розподілу Парето – частину функції щільності розподілу, яка в логарифмічному масштабі є прямою лінією, а тангенс кута її нахилу дорівнює показнику Парето α . 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.

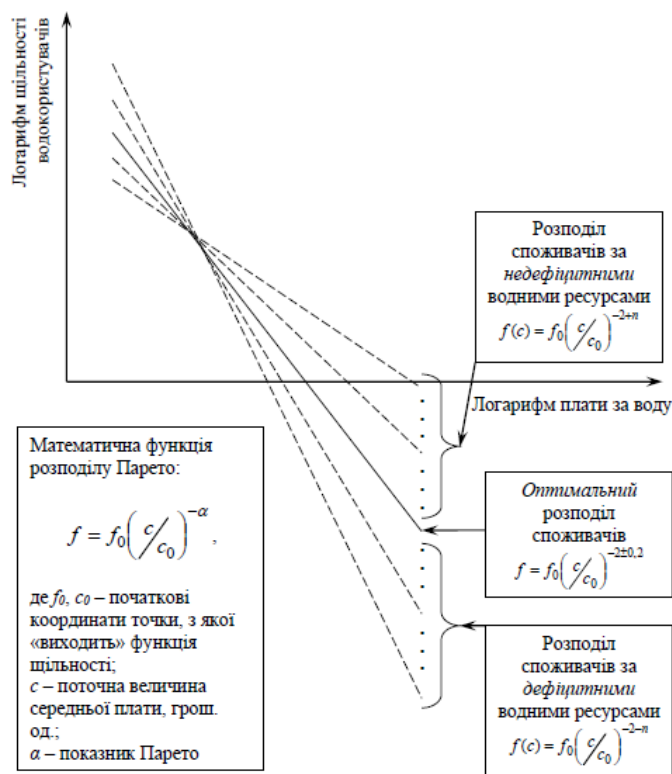


Рис. Характеристика розподілу водокористувачів за величиною плати за воду на основі значення показника Парето (експериментально встановлено,

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 степеневі 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 кономічних 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>Економічні заходи</p> <ol style="list-style-type: none"> Ініціювання підвищення тарифів на водокористування через зниження податкових пільг для водоканалів. 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. Підвищення вартості ліцензій на право користування водними об'єктами. Зменшення або скасування існуючих податкових пільг для суб'єктів господарювання зі значними обсягами споживання води або технології яких є застарілими. Застосування штрафних санкцій за несвоєчасну сплату зборів за спеціальне водокористування. 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 забудову заплавних територій, прибережних смуг і т.п. 	<p>Економічні заходи</p> <ol style="list-style-type: none"> Торгівля лімітами на використання води та скидання за методом «басейнової бульбашки». Диференціація тарифів на водокористування залежно від обсягів споживання води. Підсилення антимонопольних заходів у сфері водокористування
<p>Організаційні заходи</p> <ol style="list-style-type: none"> Перегляд екологічно обґрунтованих лімітів забору води з водного басейну з метою їх скорочення. 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. Упровадження вимірювальних приладів для контролю обсягів водопостачання 	<p>Організаційні заходи</p> <ol style="list-style-type: none"> Аналіз структури водокористування з метою виявлення найбільш водомістких водокористувачів і прийняття адміністративно-економічних заходів щодо стимулювання підприємств до впровадження маловодних і безводних технологій. Організація страхової діяльності підприємств від ризиків, пов'язаних з процесами водокористування. 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. Організація аукціонів на отримання дозволів на використання водних об'єктів. Посилення контролю за лімітуванням водокористування. Спрощення системи видачі дозволів на водокористування

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

моделювати параметри гомеостазу території, враховуючи сучасні тенденції

водовідведення, можна на принципах формування екологічної моделі «хижак-жертва». Під час моделювання обмежимося побудовою холистичної моделі [23], аналізом її властивостей та інтерпретацією результатів. Для побудови холистичної 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 м³ води;
- середній питомий рівень інвестицій I на економію 1 м³ 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 холистична 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)

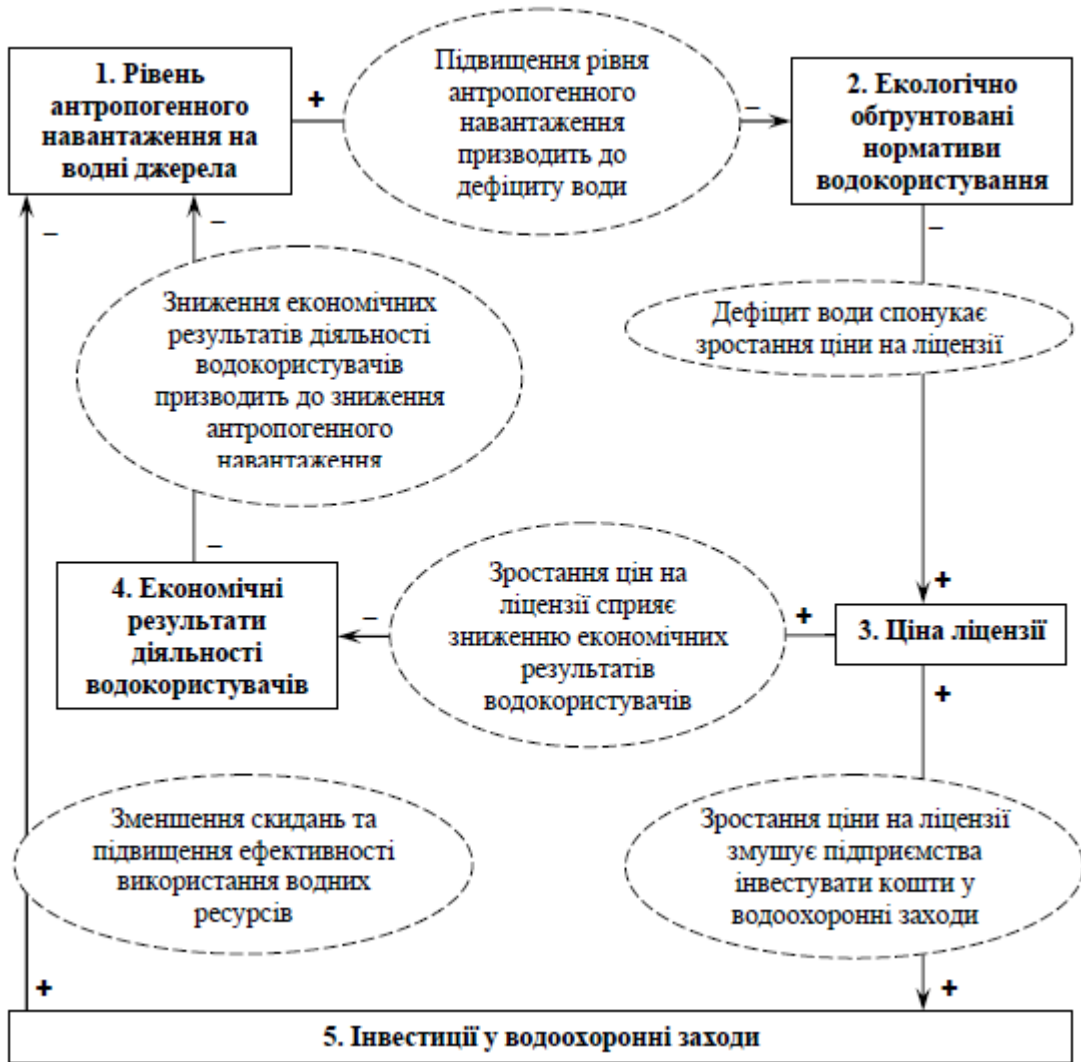


Рис. 3.8. Функціональна схема еколого-економічних взаємодій у процесі водокористування («+» позитивні та «-» негативні зворотні зв'язки)

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

$$k_a = \frac{V_3 + V_{3б} + V_{3г}}{V_{3аг}}$$

де V_3 – об'єм забору води з річкової мережі, тис. м³/міс.;

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

вод, які гідравлічно пов'язані з річковою мережею, тис. м³/міс.;
*V*_{зв} – об'єм річкової води, необхідний для розбавлення забруднених стоків до безпечного рівня, тис. м³/міс.;
*V*_{заг} – загальний стік у річковій мережі, тис. м³/міс.;
C – умовна ціна 1 м³ води, грн/м³;
I – середній питомий рівень інвестицій на економію 1 м³ води, грн/м³;
 - нормувальні коефіцієнти та параметри:
 α₁ – темп приросту водомісткого виробництва;
 α₂ – темп приросту інвестицій у маловодні технології, очисні споруди, водоохоронні заходи;
 α₃ – коефіцієнт, який визначає середню ймовірність зменшення рівня антропогенного навантаження внаслідок подорожчання води або впровадження водозберіжуваних технологій;
 α₄ – середній темп зношення основних фондів водогосподарського комплексу території;
 β₁ – коефіцієнт дефіциту водних ресурсів.

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

де *V*_{потр} – об'єм води, потрібний для задоволення господарських потреб території, м³/рік;
*V*_{гарант} – екологічно обумовлений гарантований середньорічний об'єм води, використання якого істотно не порушує природні характеристики функціонування річкової екосистеми, м³/рік;
 β₂ – імовірний середній темп інфляції;
 γ – коефіцієнт «попиту інвестицій» в очисні споруди та маловодні технології

$$\gamma = \frac{E_{Iв}}{E_{Iа}},$$

де *E*_{Iв} – середня ефективність інвестицій в очисні споруди та маловодні технології підприємств, які знаходяться в межах водного басейну;
*E*_{Iа} – середня ефективність інвестицій в альтернативні заходи щодо підвищення результатів еколого-економічної діяльності підприємств, які знаходяться в межах водного басейну;

*C*_{ок} – ціна води, при якій інвестиції у маловодні технології, очисні споруди або водоохоронні заходи будуть рентабельними, грн/м³;
 τ₁ – середній час введення в дію основних фондів водогосподарського комплексу, місяців;
 τ₂ – середній час амортизації основних фондів водогосподарського комплексу, місяців.

Рівноважні значення керувальних параметрів запропонованої моделі можна визначити за формулами

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

$$C_p = C_{ок};$$

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

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?