

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра економіки  
природокористування

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

ОКР \_\_магістр\_\_

на тему:

«ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ  
ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ  
ГОСПОДАРЮВАННЯ ВОДНОГО БАСЕЙНУ»

Виконав студент 2 курсу групи МЕД-61  
спеціальності 8.18010017 Економіка  
довкілля і природних ресурсів,  
Мерна Тетяна Миколаївна

Керівник к.геогр.н., доц.  
Сербов Микола Георгійович

Консультант \_\_\_\_\_

Рецензент к.екон.н., с.н.с.

Рубель Олег Євгенович

Одеса 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут,  
факультет МАП

Кафедра економіки природокористування

Освітньо-кваліфікаційний  
рівень магістр

Галузь знань 1801 Специфічні категорії

Спеціальність 8.18010017 (шифр і назва) Економіка довкілля і природних ресурсів

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач**

кафедри \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2015 року

“ ”

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мерної Тетяни Миколаївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Економіко-екологічні аспекти гідрометеорологічного забезпечення об'єктів господарювання водного басейну

керівник проекту (роботи) Сербов Микола Георгійович, к.геогр.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ ” 20 року №

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Оцінка економічної ефективності використання гідрометеорологічної інформації при забезпеченні об'єктів господарського комплексу України. Обґрунтування схем пошуку оптимального господарського рішення під час застосування нормативної та прогностичної гідрометеорологічної інформації. Аналіз методів оцінки економічної ефективності гідрометеорологічного забезпечення різноманітних галузей господарства України.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз принципів побудови гідрометеорологічного забезпечення господарського комплексу України.

2. Організація та склад гідрометеорологічного забезпечення галузей господарства України.

3. Розробка схеми пошуку оптимального господарського рішення на основі нормативної та прогностичної гідрологічної інформації.

4. Оцінка економічної ефективності гідрологічного забезпечення господарського комплексу країни.

5. Економіко-екологічні аспекти гідрометеорологічного забезпечення різних галузей економіки України.

6. Аналіз методів оцінки економічної ефективності гідрометеорологічного забезпечення галузей господарського комплексу України.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карта-схема розподілу підрозділів гідрометеорологічної служби України з гідпрогностичним розподілом напрямку роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Аналіз принципів побудови гідрометеорологічного забезпечення господарського комплексу України	вересень 2014р.	100	відм.
2.	Організація та склад гідрометеорологічного забезпечення галузей економіки України	вересень-жовтень 2014р.	90	відм.
3.	Розробка схеми пошуку оптимального господарського рішення на основі нормативної та прогностичної гідрологічної інформації	жовтень-листопад 2014р.	90	відм.
4.	Проведення аналізу економічної ефективності гідрологічного забезпечення господарського комплексу України	листопад-грудень 2014р.	100	відм.
5.	Аналіз економіко-екологічних аспектів гідрометеорологічного забезпечення різних галузей економіки країни	листопад 2014р.	90	відм.
6.	Аналіз методів оцінки економічної ефективності гідрометеорологічного забезпечення різноманітних галузей господарського комплексу України	грудень 2014р.-січень 2015р.	90	відм.
7.	Оформлення магістерської роботи та підготовка презентації	січень 2015р.	90	відм.
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		93	відм.

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

(прізвище

та ініціали)

**Керівник проекту (роботи)** \_\_\_\_\_

( підпис )

(прізвище та ініціали)

## Аннотация

Экономико-экологические аспекты гидрометеорологического обеспечения хозяйствования водного бассейна

*Рассмотрены вопросы экономико-экологического обоснования принятия оптимального хозяйственного решения на основе гидролого-экономических расчетов с использованием нормативной и прогностической гидрологической информации. Представлены примеры оптимизационных расчетов с использованием стратегии среднестатистических ошибок.*

**Ключевые слова:** гидрометеорологическое обеспечение, оптимальное хозяйственное решение, гидролого-экономические расчеты, Байесова стратегия

## ABSTRACT

Economic and environmental aspects of hydrometeorological support river basin management

*The problems of economic and environmental study of the optimum economic decisions based on hydrological and economic calculations with the use of regulatory and forecasting of hydrological information. The examples of optimization calculations using the strategy of average errors.*

**Keywords:** hydrometeorological support, optimum economic solution, hydrologic and economic calculations, Bayes Strategy

## Зміст

	ВСТУП	
1	ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ	
2	ОРГАНІЗАЦІЯ ТА СКЛАД ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАЛУЗЕЙ ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ	
3	ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО ГОСПОДАРСЬКОГО РІШЕННЯ НА ОСНОВІ НОРМАТИВНОЇ І ПРОГНОСТИЧНОЇ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	
	3.1 Поняття про "втрати"	
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	

## ВСТУП

Ефективність використання водних ресурсів, обґрунтована й безпечна діяльність багатьох галузей економіки, своєчасність прийняття запобіжних заходів при загрозі виникнення та розвитку небезпечних і стихійних гідрологічних явищ значною мірою залежать від якості, вчасності та достовірності гідрологічного забезпечення.

Небезпечні гідрометеорологічні явища і несприятливі гідрометеорологічні умови завдають значних економічних збитків господарському комплексу та населенню країн. За оцінками Всесвітньої Метеорологічної організації 90% усіх стихійних лих на нашій планеті упродовж останніх десятиліть пов'язані з проявом явищ та процесів гідрометеорологічного походження, а 65% загальних збитків від стихійних лих завдані явищами гідрометеорологічного походження.

Збільшення частоти формування небезпечних паводків на річках України зумовлює зростання рівня вимог до гідрометеорологічного забезпечення споживачів, залежних від гідрологічних умов, на чільне місце ставить діяльність зі своєчасного інформування суб'єктів прийняття управлінських та організаційних рішень, об'єктів господарювання та громадськості про очікувані небезпечні гідрологічні явища.

Отримані за результатами економічних розрахунків, при гідрологічному забезпеченні господарства країни, втрати коштів дозволяють приймати споживачем найбільш економічно вигідне (оптимальне) рішення при використанні того чи іншого виду гідрометеорологічної інформації.

# 1 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Значення гідрометеорологічного забезпечення (ГМЗ) галузей економіки, виробничої діяльності господарських економічних структур і організацій не тільки загальновідоме, але й загально визнане. Це відноситься до всіх галузей економіки України, а також інших країн. Епоха безконтрольного використання природних ресурсів Землі, в тому числі і водокористування, минула. Розвиток сучасного виробництва неможливий без всебічного врахування та раціонального використання інформації про фактичний і очікуваний стан погоди і водних об'єктів. Прогностична, нормативна та режимна гідрометеорологічна інформація знаходить широке застосування під час планування господарських заходів та вибору рішення сучасних виробничих задач, що дозволяє суттєво зменшити втрати від несприятливих природних умов та їх недооцінки. Гідрометеорологічне забезпечення господарської діяльності різних галузей економіки передбачає задоволення споживачів відомостями про сучасний стан погоди і водних об'єктів, надання їм прогностичної та іншої інформації, консультацій та рекомендацій щодо оптимального використання гідрометеорологічних матеріалів, прийняття раціонального господарського рішення і, головне, запобігання збитків від несприятливих гідрометеорологічних явищ.

Крім таких як комплексність, системність, непереривність спостережень, єдність науково обґрунтованих технологій спостережень, збору, обробки, аналізу, зберігання та використання інформації, доступність, достовірність, необхідна достатність та ефективність використання, до принципів ГМЗ, враховуючи економічну корисність гідрометеорологічної інформації, можна віднести [37, 43]:

- придатність – відповідність інформації потребам споживача та її наявність за умов доконечності;
- надійність – забезпечення очікувань споживача щодо своєчасного та безперебійного одержання інформації;
- можливість користування – надання інформації у вигляді, що дозволяє споживачеві повністю розуміти її;



- рівень довіри – сприйняття інформації з врахуванням якісної оцінки її постачальника.

Важливе значення під час вирішення таких задач відіграє взаємодія підрозділів гідрометеорологічної служби та споживачів, включаючи взаємне ознайомлення із виробничою діяльністю партнера. Оцінка ефективності гідрометеорологічного забезпечення проводиться шляхом визначення запобіжних заходів для відвернення або зменшення збитків від впливу на виробництво і діяльність споживача природних факторів, встановлення додаткового прибутку від гідрометеорологічного обслуговування та зниження витрат на різноманітні господарські заходи в результаті використання більш науково обґрунтованих методичних рекомендацій та нормативної документації.

Найбільша ефективність гідрометеорологічного забезпечення має місце під час прийняття споживачем оптимального господарського рішення на основі отриманої інформації і залежить як від якості гідрометеорологічних матеріалів, так і від впливу інших зовнішніх факторів.

Економічні проблеми використання гідрометеорологічної інформації, оцінки стану річок, озер, водосховищ, як об'єктів природокористування, нерозривно пов'язані з екологічними. Цей зв'язок набуває гостроти із зростанням антропогенного впливу на природу. Оцінка наслідків зміни стану водного середовища в результаті антропогенного впливу на нього і визначення капітальних втрат на компенсацію збитків є необхідною умовою для вибору найбільш економічно вигідного та економічно сприятливого господарського рішення.

## **2. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА СКЛАД ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАЛУЗЕЙ ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ**

Гідрометеорологічне забезпечення – це комплекс робіт, які виконуються підрозділами державної гідрометеорологічної служби України з метою найбільш повного і своєчасного забезпечення галузей економіки, окремих господарських структур і організацій гідрометеорологічною інформацією. Гідрологічне забезпечення споживачів пов'язане з тими задачами виробництва, які стосуються гідрологічного комплексу робіт.

Основні задачі гідрологічного забезпечення:

1. Своєчасне попередження споживачів про небезпечні і стихійні гідрологічні явища та процеси, які негативно впливають на їх функціонування, з метою вчасного вжиття ними запобіжних заходів для відвернення або зменшення можливих збитків від цих явищ чи процесів.

2. Забезпечення споживачів інформацією про сучасний стан гідрометеорологічних умов для їх урахування під час організації і проведення своєї діяльності.

3. Забезпечення споживачів прогностичною гідрологічною інформацією для її використання при плануванні господарських заходів.

4. Підготовка режимних матеріалів, що використовуються споживачами під час виконання різного роду господарських робіт, включаючи проектування й будівництво гідротехнічних та інших споруд.

5. Підготовка методичних посібників та інших нормативних документів, які використовуються споживачами для визначення характеристик гідрологічного режиму, відсутніх у фондах гідрометеорологічної служби.

6. Надання консультацій та рекомендацій щодо оптимального використання споживачем гідрометеорологічної інформації і прогнозів.

Майже кожен сектор національної економіки використовує ті чи інші відомості про стан водних ресурсів, тому важливою є оцінка ефективності гідрологічної інформації. За експертними оцінками Всесвітньої Метеорологічної Організації (ВМО) співвідношення між затратами на державні програми з водних ресурсів та отриманою в результаті їх

виконання вигодою у середньому знаходиться у межах 1:5-10. Незалежно від реальних цифрових значень, цілком виправданою є думка про те, що інформація про водні ресурси є економічно ефективною і вкрай необхідною для ефективного ведення водного господарства і інших галузей економіки [8, 15].

Необхідно відзначити, що гідрологічне забезпечення проводиться з урахуванням особливостей впливу гідрометеорологічних умов на кожен конкретний об'єкт господарювання чи галузь економіки.

Споживач, сфера діяльності якого є залежною від факторів стану природного середовища, при її плануванні, для виконання проектних, розвідувальних, будівельних, експлуатаційних робіт повинен, з одного боку, розуміти, які відомості про гідрометеорологічний режим йому необхідні, і знати, де їх взяти, з іншого - він повинен мати можливість отримати всі необхідні гідрометеорологічні дані у зручному вигляді, з необхідною регулярністю, у необхідні для нього строки.

З огляду на це, гідрологічне забезпечення спирається на виробничий взаємозв'язок між постачальником гідрометеорологічної інформації та її споживачем. Постачальник гідрометеорологічної інформації повинен знати особливості виробничої діяльності споживача, особливості впливу на неї водного чи погодного фактора, вивчати й враховувати вимоги, що ставляться споживачем до кінцевого гідрологічного інформаційного продукту.

При цьому є певний конфлікт між вимогами до вчасності й повноти гідрометеорологічної інформації і прогнозів, які потрібні споживачу і які може забезпечити гідрометеорологічна служба. Це зумовлено тим, що можливості прогнозування параметрів метеорологічного і гідрологічного режиму певною мірою обмежені, у зв'язку з чим не завжди формулювання прогнозу відображає достовірну інформацію про можливі зміни стану водного об'єкта. У зв'язку з цим деякі споживачі використовують прогностичну інформацію дуже формально. Щоб уникнути цього, споживачам необхідно надавати постійні консультації про поточну гідрометеорологічну ситуацію та очікуваний розвиток гідрологічних процесів, особливо під час явищ тривалої дії, таких як весняне водопілля. З іншого боку, постачальник гідрологічної інформації повинен розуміти, для яких конкретних виробничих цілей використовується прогноз, тобто знати специфіку господарювання конкретного споживача. Тільки в цьому випадку

його прогноз, консультації чи інші додаткові дані про фактичний і майбутній стан водного об'єкта будуть корисними для споживача.

Завдання, яке повинне бути реалізовано при проведенні гідрологічного забезпечення галузей економіки і окремих споживачів, полягає у якомога повному, вчасному і достовірному інформуванні їх про поточний стан водних ресурсів та їх зміни на коротку й довготривалу перспективу. Цій меті слугує щоденне надання споживачам комплексу оперативних інформаційно-прогностичних матеріалів, а також забезпечення режимними гідрометеорологічними даними, в тому числі й на їх окремі запити.

При проведенні гідрологічного забезпечення використовуються результати спостережень і робіт, які виконуються на мережі метеорологічних станцій і гідрологічних постів. Ці дані є основою для оцінки поточного стану водних об'єктів і їх водозборів, для виконання розрахунків за гідрологічними моделями і системами, і врешті решт є основою для видачі того чи іншого прогнозу і рекомендацій споживачам.

Відповідними керівними документами гідрометслужби (коди, вказівки, порядки, переліки) чітко регламентовано обсяги частоту, критерії, види і способи передачі результатів спостережень від метеорологічної станції і гідрологічного поста до організацій гідрометслужби, які проводять прогнозування і забезпечення.

У кожній із країн – членів Всесвітньої Метеорологічної організації форми та способи інформування споживачів про минулі, фактичні та очікувані гідрометеорологічні умови можуть відрізнятися, але завжди визначена державна установа чи інституція, відповідальна за надання таких даних.

Відповідно до чинного законодавства України (зокрема, Закону України про гідрометеорологічну діяльність, Водного кодексу України) моніторинг поточного стану водних об'єктів країни та погоди, їх вивчення, оцінка та прогноз змін відноситься до компетенції гідрометеорологічної служби. До обов'язків гідрометеорологічної служби входить також оперативне інформування суб'єктів прийняття управлінських, організаційних рішень, об'єктів господарювання і громадськості про розвиток небезпечних гідрометеорологічних явищ та їх наслідки.

Головною організацією з питань аналізу та прогнозування гідрометеорологічних умов, гідрометеорологічного забезпечення і обслуговування, збору, обробки та розповсюдження гідрометеорологічної

інформації, проведення агрометеорологічних спостережень є Український гідрометеорологічний центр (далі - УкрГМЦ) Міністерства надзвичайних ситуацій України. Український гідрометеорологічний центр координує та методично забезпечує діяльність решти організацій гідрометслужби у питаннях гідрометеорологічного прогнозування і забезпечення. УкрГМЦ може надати найбільш повний обсяг оперативної гідрометеорологічної інформації та прогнозів по території України, які необхідні для функціонування господарського комплексу нашої держави.

Відомості про багаторічні та розрахункові характеристики гідрологічного режиму споживач має можливість отримати у обласних центрах з гідрометеорології, а також у Центральній геофізичній обсерваторії, яка є головним методичним центром гідрометслужби з питань організації та проведення гідрометеорологічних спостережень і робіт, обробки їх результатів і підготовки узагальнених відомостей про гідрометеорологічний режим у вигляді щомісячників, щорічників, багаторічних даних про ресурси вод суші і т.п.

Оперативне забезпечення споживачів інформацією і прогнозами про стан водних об'єктів покладається на службу гідрологічних прогнозів, яка функціонує за басейновим принципом. Тобто, на території України виділені крупні річкові басейни та визначені організації гідрометслужби, які є відповідальними за прогнозування і інформування по водних об'єктах у їх межах. Перелік організацій гідрометслужби, які утворюють службу гідрологічних прогнозів, зони (річкові басейни чи водні об'єкти) їх прогностичної відповідальності, види основних гідрологічних прогнозів, які повинна випускати кожна з цих організацій, визначаються окремим внутрішнім керівним документом гідрометслужби. Строки, види, частота випуску усіх видів гідрологічних прогнозів, а також порядки взаємообміну інформаційно-прогностичними даними між організаціями гідрометслужби також регламентуються внутрішніми керівними документами.

У системі сучасної гідрометеорологічної служби України функціонує 9 організацій з гідропрогностичним розділом робіт, якими здійснюється оперативний збір, обробка, аналіз гідрометеорологічних даних, прогнозування характеристик гідрологічного режиму, попередження про небезпечні (НЯ) і стихійні гідрологічні явища (СГЯ) та доведення інформаційно-прогностичної продукції до споживача згідно з діючими керівними на науково-методичними документами [6, 24].

Гідропрогностичні організації України і зони їх відповідальності наведені на рис. 2.1 [26]:



Рисунок 2.1 - Гідропрогностичні організації і зони їх відповідальності

-Український Гідрометцентр – басейн р. Дніпро (басейни Прип'яті, Верхнього і Середнього Дніпра, Десни, каскад дніпровських водосховищ), Дністровське водосховище;

- Гідрометцентр Чорного і Азовського морів – басейни Південного Бугу і Інгульця, пониззя Дністра, річки Причорномор'я;

- Харківський ЦГМ – басейни Сіверського Дінця, річок Приазов'я;

- Львівський ЦГМ – басейни Дністра, Західного Бугу, приток Прип'яті;

- Закарпатський ЦГМ – басейни Тиси, Ужа, Латориці;

-Чернівецький ЦГМ – басейни Прута, Сірета;

-Кримський ЦГМ – басейни річок Криму;

-Дунайська гідрометеорологічна обсерваторія – р. Дунай;

-Світловодська гідрометеорологічна обсерваторія – водосховища дніпровського каскаду.

Виконання головного завдання служби гідрологічних прогнозів забезпечується:

- збором, обробкою і аналізом результатів спостережень за гідрологічним режимом річок і водосховищ, параметрами погоди та характеристиками стану поверхні річкових водозборів;
- складанням прогнозів різної завчасності, інформацій про фактичну гідрологічну ситуацію, попереджень про її зміну, а також штормових попереджень про загрозу розвитку небезпечних і стихійних гідрологічних явищ;
- плановим забезпеченням інформаційно-прогностичними матеріалами галузей економіки, господарських структур і організацій, функціонування і господарська діяльність яких є залежною від водного фактору;
- своєчасним доведенням інформації, прогнозів та попереджень про небезпечні гідрологічні явища і процеси до органів державної влади і управління, осіб, відповідальних за прийняття управлінських рішень, та до інших споживачів;
- інформуванням населення про небезпечні гідрологічні явища, які ускладнюють чи негативно позначаються на життєдіяльності.

Оперативні інформаційно-прогностичні матеріали, які готуються і розповсюджуються організаціями гідрометслужби, включають у себе:

- щоденні гідрологічні чи гідрометеорологічні бюлетені;
- зведення з відомостями про поточний стан водних об'єктів;



- текстові оперативні інформації чи довідки;
- прогнози елементів гідрологічного режиму різної завчасності;
- прогнози параметрів погоди і метеорологічних умов;
- оповіщення, штормові попередження;
- декадні, місячні і річні огляди гідрометеорологічних умов;
- описи стихійних гідрологічних явищ.

Інформаційні і прогностичні матеріали доводяться до конкретного споживача у формах (наприклад, паперовий чи електронний табличний чи графічний вигляд) і способами, які встановлюються відповідними угодами чи заявками на гідрометеорологічне обслуговування. Найпоширенішими способами доставки даних споживачу є обмін прямими каналами зв'язку, електронна пошта, факс, звичайна пошта або ж кур'єр користувача.

У гідрологічному забезпеченні можна виділити чотири основних рівня його здійснення, кожен з яких має відповідну територію дії, ступінь деталізації інформаційно-прогностичної продукції, її регулярність і способи розповсюдження, своїх споживачів:

Національний рівень - Український гідрометеорологічний центр;

Регіональний рівень – центри з гідрометеорології з гідропрогностичним розділом робіт, гідрометеорологічні обсерваторії (далі - гідропрогностичні організації);

Обласний рівень - всі обласні центри з гідрометеорології (далі - ЦГМ);

Місцевий рівень - обласні ЦГМ, спеціалізовані гідрометеорологічні станції, у тому числі і метеорологічні.

Основними споживачами гідрологічних прогнозів і інформації є органи влади та управління усіх рівнів, організації МНС, гідроенергетики, водного, комунального, сільського, рибного господарства, річкового транспорту.

Обсяги гідрометеорологічних даних, яких потребує той чи інший споживач, їх види, строки, форми і способи надання визначаються окремими Угодами, які укладаються між конкретним споживачем і організацією гідрометслужби, та Переліків видів інформаційно-прогностичних матеріалів, строків і способів їх надання, які є частиною таких Угод. Укладанню Угод передують попереднє ознайомлення споживача з видами інформаційно-прогностичних матеріалів, які готує організація гідрометслужби. У процесі підготовки Договору вивчаються потреби споживача у додаткових даних, обговорюються можливості їх задоволення, узгоджуються оптимальні обсяги даних, строки, способи і форми їх надання.

За кожним видом гідрологічної інформації і прогнозів стоять конкретні рішення, які приймаються на їх основі різними організаціями і відомствами для забезпечення своєї виробничої діяльності, а також під час розвитку чи загрози розвитку небезпечних природних процесів. Наприклад, органи водного господарства і гідроенергетики у своїй виробничій діяльності використовують практично усі види гідропрогностичних даних, зокрема фактичні і очікувані характеристики стану водосховищ і річок, прогнози водності річок і припливу води до водосховищ на різні календарні періоди. З урахуванням фактичної гідрометеорологічної, водогосподарської ситуації і гідрометеорологічних прогнозів спеціальними Міжвідомчими комісіями за участю представників всіх зацікавлених міністерств і відомств встановлюються режими роботи водогосподарських комплексів у басейнах річок України на різні періоди. При цьому:

- визначаються об'єми передповеневого спрацювання водосховищ та порядок їх наповнення весною;
- приймаються рішення щодо режиму пропуску максимальних витрат через гідротехнічні споруди з метою відвернення або зменшення зон затоплень і забезпечення безпеки споруд;
- встановлюються обмеження і ліміти на водоспоживання;
- відпрацьовується режими скидання забруднених вод (наприклад в басейнах Інгульця і Сіверського Дінця) та проведення спеціальних екологічних попусків для промивки русел річок (наприклад, Інгульця і пониззя Дністра).

Організації МНС використовують гідропрогностичні дані для оцінки можливості виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру, для організації попереджувальних протипаводкових заходів, при виконанні рятувних робіт і робіт по ліквідації наслідків НС. Найважливішими для МНС є короткострокові прогнози і попередження про загрозу формування і розвиток паводків та можливі негативні наслідки.

Управляючим структурам і об'єктам водного транспорту, зокрема на Дунаї і дніпровському каскаді водосховищ фактична і прогностична гідрометінформація необхідна для планування і проведення перевезень, планування строків навігації. Особливо важливим видом гідропрогностичної продукції для судноплавства є прогнози і попередження про початок льодоутворення і встановлення льодоставу, висоту хвилювання на дніпровських і дністровських водосховищах, судноплавних ділянках річок. Від вчасності і точності таких матеріалів значною мірою залежать строки

зняття судноплавної ситуації, матеріальні затрати на виконання таких робіт, а також безпека судноплавства.

Організації рибного господарства зацікавлені у отриманні і фактично використовують у своїх цілях фактичну інформацію про рівні і температуру води водних об'єктів, льодову ситуацію та товщину криги. Надання таких відомостей сприяє контролю за станом нерестилищ, ходом нересту, зимівлі риби у зимувальних ямах тощо.

Для оперативного доведення штормової інформації і попереджень про розвиток гідрологічних НЯ і СГЯ у кожній організації гідрометслужби розробляються Схеми їх передачі. У цих Схемах вказуються організації, яким така інформація потрібна, та способи її передачі (телефон, факс, електронна пошта).

Різкі зміни гідрологічних умов, небезпечні гідрологічні явища, особливо швидкоплинні чи локалізовані на невеликих територіях, нерідко спричиняють різні порушення виробничого циклу аж до його повного припинення, призводять до пошкодження чи руйнації споруд, об'єктів інфраструктури тощо.

Іноді частина збитків, завданих небезпечним гідрологічним явищем чи процесом, може бути віднесена за рахунок недостатньо повного і своєчасного забезпечення споживача гідрометеорологічною інформацією. Такі випадки окремо аналізуються фахівцями гідрометслужби спільно з представниками господарської структури чи організації, діяльність яких зазнала негативного впливу від розвитку небезпечного гідрологічного явища. При цьому окремо аналізуються гідрометеорологічні передумови виникнення явища, результати розрахунків за методиками, особливості перебігу явища і його вплив на споживача, відпрацьовуються рекомендації щодо подальшої співпраці і покращення прогнозів. Результати такого розгляду може бути спільний протокол з відповідними висновками, рішеннями і рекомендаціями.

Особлива увага при гідрологічному забезпеченні приділяється визначенню критеріїв безпеки гідрометеорологічних величин, при досягненні яких може проявлятися шкідливий вплив на господарську діяльність споживача. Такі критерії повинні бути надані споживачем у тісній взаємодії з організаціями гідрометслужби, або ж визначені за архівними матеріалами чи за розрахунками параметрів гідрологічних величин. Стосовно останніх, зокрема забезпечених витрат води при проектуванні гідротехнічних споруд, вони повинні бути скоректовані у зв'язку з антропогенними змінами клімату [6, 7, 30].

За результатами вивчення виробничої діяльності галузей економіки, господарських структур, організацій і впливу на неї гідрометеорологічних факторів, складаються технічні записки. В них відмічаються основні особливості виробничого процесу споживача, вплив на нього гідрометеорологічних умов, наслідки дії небезпечних гідрологічних явищ і процесів, надаються ілюстративні матеріали, які відображають виробничі процеси споживача. Технічні записки, які регулярно оновлюються, є необхідними посібниками для спеціалістів гідрометеорологів під час ознайомлення із виробничою діяльністю обслуговуючих організацій.

### 3. ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО ГОСПОДАРСЬКОГО РІШЕННЯ НА ОСНОВІ НОРМАТИВНОЇ І ПРОГНОСТИЧНОЇ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

#### 3.1 Поняття про "втрати"

Способи вибору вигідного рішення в умовах невизначеності відносно майбутнього стану природного середовища, з якою пов'язана господарська діяльність, виконуються на базі численного розділу математики – теорії гри. Для оптимізації господарської діяльності на основі інформації про стан атмосфери і гідросфери найбільш доцільне використання одного із часткових методів теорії гри – методу статистичних рішень, при урахуванні випадковості природних процесів. Відомо, що гідрологічні величини можуть бути адекватно задані деяким набором статистичних характеристик. При цьому емпіричні криві забезпеченості досить близько співпадають із параметрами теоретичних розподілів. На режим водного об'єкту має вплив більшість факторів, які включають до себе елементи випадковості. Звідси – широке використання статистичних методів у гідрології [2, 5, 7, 11, 16, 17 та ін.].

Звернення водокористувачів до теорії статистичних рішень під час вибору стратегії на основі гідрологічної інформації є необхідною умовою об'єктивної оцінки комплексу природних і економічних факторів, які визначають вигідний спосіб господарювання.

Складність вивчення даного розділу викликана новизною проблеми для гідрометеорологів. Читання спеціальної літератури ускладнюється відмінностями в позначеннях та термінології.

В цьому навчальному посібнику дано короткий опис схем приблизного рішення оптимізаційних задач при господарському водокористуванні споживачів.

Припустимо на основі інформації про гідрологічну величину  $Y$  приймається господарське рішення  $L$ , до того ж кожне  $k$ -те рішення  $l_k$  безумовно пов'язане з деяким цілком визначеним набором дій.

В результаті виконання зазначених дій споживач отримує деяку корисність  $\Theta$ , яка виражається у вигляді деякого прибутку (вироблення електроенергії, перевезених вантажів та інше), які мають визначений грошовий еквівалент.

Розділимо увесь діапазон зміни величини  $Y$  на декілька рівних інтервалів, тоді  $y_j$  – є середнім значенням  $j$ -го інтервалу ( $y_j \pm \Delta y$ ), де  $\Delta y$  – половина різниці найбільшого і найменшого значень в кожному інтервалі. Із більшості значень можливих рішень  $L$  беремо в розрахунок кінцеве число рішень  $l_k$ , яке кількісно співпадає з деякими конкретними реалізаціями величини  $Y$ , тобто із значеннями деякої величини  $y_h$ . Недоцільно ототожнювати деталізацію і діапазони змінювання величин  $Y$  і  $L$ . Рішення  $L$  завжди є приблизною оцінкою явища  $Y$ . Крім того, з попереджувальною метою, рішення належать частіше всього до будь-якої визначеної частини діапазону величини  $Y$ .

Очевидно, якщо в процесі господарської діяльності приймається рішення  $l_k$ , яке збігається із здійсненим значенням гідрологічної величини  $y_h$ , тобто  $l_k = y_h$ , то корисність такого рішення буде найвищою з  $\theta(y_h)$ . Якщо рівняння  $l_k \neq y_h$  – не виконуються, корисність такого рішення  $\theta(y_h, l_k)$  завжди знижена через невідповідність узятих в розрахунок (прогноз) та реально здійснених гідрологічних явищ. В першому випадку прийняте рішення називається – ідеальним, в другому – безпідставним (довільним). Отже, в результаті помилки рішення ( $l_k - y_h$ ) виникає зниження корисності. Таке зниження господарського рішення називається втратами і визначається за формулою [25, 27]:

$$R(y_h, l_k) = \theta(y_h) - \theta(y_h, l_k). \quad (3.1)$$

Частіше розрахунок втрат утруднений через відсутність у водокористувача чіткого зв'язку рішень та дій. Споживач найчастіше намагається уникнути значних прорахунків у випадку помилкової оцінки майбутніх умов. Такий спосіб господарювання, який базується на досвіді та інтуїції, іноді приводить до задовільних результатів, але страждає суб'єктивізмом.

### 3.2 Функції втрат. Властивості функцій втрат

Згідно до (3.1) втрати задані комбінацією значень гідрологічної величини  $y_h$  і рішення  $l_k$ . В одному і тому ж рішенні  $l_k$  може бути реалізовано скільки завгодно значень гідрологічної величини  $Y$ . Так само

одному значенню гідрологічної величини  $y_h$  може відповідати більшість рішень  $L$ . Таким чином мова йде про функцію втрат  $R(y,l)$ , яка описує економічні наслідки різноманітних комбінацій рішення  $L$ , та здійсненого значення величини  $Y$ .

Функції втрат мають самий різноманітний вигляд, частіше всього це залежності із різко неоднаковим темпом втрат в різних частинах діапазонів варіації величини  $Y$  та різниці  $(Y-L)$ . Конкретний вид функції втрат в аналогічному вигляді залежить від особливостей виробничого процесу або іншого виду господарської діяльності, впливу на них гідрометеорологічних факторів і може бути достатньо складним.

Іноді для наближеної оцінки явищ в деякому, порівняно вузькому інтервалі, змінювання величини  $Y$  і  $(Y-L)$  застосовується лінійна схематизація функції втрат у вигляді [38, 40]

$$R(y,l) = \begin{cases} K_1(y-l), & \text{якщо } (y-l) > 0; \\ K_2(l-y), & \text{якщо } (y-l) < 0. \end{cases} \quad (3.2)$$

Квадратичний вид функції втрат має вигляд

$$R(y,l) = \begin{cases} B_1(y-l)^2, & \text{якщо } (y-l) > 0; \\ B_2(l-y)^2, & \text{якщо } (y-l) < 0. \end{cases} \quad (3.3)$$

Коефіцієнти  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  – мають різну розмірність, яка дозволяє перейти від гідрологічних показників до інформації економічного характеру.

При значному діапазоні варіації величини  $Y$  виникає необхідність отримання деякого набору пар коефіцієнтів  $K_1$  і  $K_2$ , які використовуються для розрахунку втрат  $R(y_h, l_k)$  в тому або іншому інтервалі  $j$ . Необхідність обчислення більшої кількості пар  $K_{1,j}$  і  $K_{2,j}$  заважає виникненню функції (3.2)-(3.3), що приводить до збільшення обсягу попередніх економічних досліджень.

Різка зміна темпу зростання або зниження втрат приблизно характеризує [38, 39] ступеневі і показові функції вигляду:

$$R(y,l) = K\Delta^n; \quad (3.4)$$

$$R(y,l) = K\Delta, \quad (3.5)$$

де  $\Delta = |y-l|$ , тобто  $\Delta$  – конкретна похибка рішення  $L$ .

Необхідно відзначити, що ризик застосування апроксимації (3.4) і (3.5) без достатньої основи, особливо великий, якщо дані рівняння використовуються з екстраполяційною метою.

В ряді випадків застосовується логарифмічна схематизація функції втрат, що відбувається за формулою

$$R(y, l) = K \lg \Delta. \quad (3.6)$$

Очевидно, що в загальному випадку залежності (3.4)-(3.6) застосовуються лише з використанням набору коефіцієнтів  $K_j$ , що враховують особливості змінювання втрат  $R(y_h, l_k)$  в конкретному  $j$ -ому інтервалі діапазону варіації величини  $Y$ .

Розглянуті залежності не описують усіх варіантів, що зустрічаються на практиці. Наприклад, можливі умови, коли з'являються лінійні і квадратичні залежності функції втрат із ненульовим пороговим рівнем, лінійно-квадратичні втрати і інші [31].

Втрати споживача, як правило, не однакові через помилки рішень, рівних за абсолютним значенням, але різних за знаками.

Так, при вирішуванні питань про можливість перевищення відмітки гребеня захисної дамби рівнем води  $H_{СГЯ}=320$  см, наслідки господарських рішень при  $l_1=300$  см та  $l_2=360$  см (при спостереженому рівні  $H=330$  см) непорівнянні, хоча в обох випадках абсолютна похибка складає  $|y-l|=30$  см. Господарське рішення  $l_1$  можливо тлумачити як відмову споживача від виконання всього комплексу захисних заходів (наприклад, підсипки ґрунту до вказаних небезпечних відміток дамби); отже при  $H=330$  см затоплення об'єкта неминуче, що відповідає значним втратам  $R_{H,l_1}$ . При господарському рішенні  $l_2$  виконується комплекс захисних заходів у відповідності до можливого підняття рівнів води до  $H=360$  см. При рішенні  $l_2$  споживачем виконуються захисні роботи, які призводять до надмірних економічних втрат  $R_{H,l_2}$ . Вони можуть бути суттєвими тому, що вжиті надмірні захисні заходи ( $H < l_2$ ), однак немає сумніву, що  $R_{H,l_1} \gg R_{H,l_2}$ .

Функції втрат, які виникають в результаті похибки прийнятого рішення про захист від затоплювання промислових об'єктів, населених пунктів та інше, є залежностями із чітко вираженою властивістю асиметрії. В



загальному випадку симетричність функції втрат – це незалежність її від знаку як помилки рішення, так і відхилення фактичного значення  $y$  від його норми ( $\bar{y}$ ).

У випадку, коли функція втрат симетрична, виконується умова [24, 29]

$$R(y-l, y-\bar{y}) = R(|y-l|, |y-\bar{y}|). \quad (3.7)$$

Наприклад, залежності (3.2)-(3.3) симетричні у випадку  $K=K_1=K_2$  або  $B=B_1=B_2$ . Функції втрат (3.4-3.6) симетричні, оскільки при розрахунках береться абсолютна величина похибки  $\Delta=|y-l|$ .

Другою важливою властивістю функції втрат є різницевість цих залежностей. Різницевість функції втрат – це незалежність втрат від величини аномалії фактичної величини  $y$ , тобто її відхилення від норми або середньобагаторічного значення ( $y-\bar{y}$ ).

Функція відмінна, якщо виконується рівність

$$R(y-l, y-\bar{y}) = R(y-l). \quad (3.8)$$

Симетричні і асиметричні функції втрат можуть бути як різницевими, так і не різницевими. Наприклад, при виконанні умови

$$R(y-l, y-\bar{y}) = R|y-l| \quad (3.9)$$

функція симетрична і різницева.

Необхідно відзначити, що реальні функції втрат, як правило, не мають властивостей симетричності та різницевості, але у тих випадках, коли попередні розрахунки вказують на виконання рівнянь (3.7) або (3.8), обсяг гідролого-економічних розрахунків для виявлення виду залежності  $R(y,l)$  можна скоротити тому, що зникає необхідність оцінки економічних наслідків похибок рішення обох знаків.

Встановлений факт різницевості функції  $R(y,l)$  припускає повну відмову від врахування впливу аномалії величини  $Y$  і суттєво знижує трудомісткість визначення параметрів розрахункового рівняння. Необхідно також підкреслити, що при досягненні деяких критичних значень величини  $Y$  і різниці  $(Y-L)$  функція втрат може набувати властивості, які не характерні для більшої частини діапазонів  $Y$  і  $(Y-L)$ .

Викладені в цьому розділі відомості дають лише деякі уявлення про функції втрат та їх властивостей. Чітке знання властивостей будь-якої з цих функцій суттєво скорочує обсяг гідролого-економічних розрахунків при прийнятті найбільш вигідного господарського рішення.

### 3.3 Матриця втрат

Ймовірність прийняття ідеального господарського рішення дуже мала і максимум корисності  $\theta(y_j)$  в кожному окремому випадку практично недосяжний. Процес прийняття найбільш вигідного економічного рішення називається **оптимізацією**, а знайдене рішення – **оптимальним**. В однакових обставинах оптимізація приводить до неоднакових рішень в залежності від прийнятого критерію.

Реальні функції втрат  $R(y, l)$  в аналітичній формі представити надзвичайно важко. Доволі часто можливі умови, коли при одній і тій же різниці  $|y - l|$  втрати відрізняються в залежності від значень величини  $y$ . В той же час, пошук найбільш оптимального господарського рішення вимагає попередньої оцінки втрат при здійсненні комбінацій “рішення ( $l_k$ ) – фактичне значення ( $y_j$ )”. При цьому  $c$  – кількість розглянутих господарських рішень,  $d$  – число розривних діапазонів варіації величини  $Y$ , причому  $y_j$  – середньоінтервальне значення гідрологічної величини. Такі таблиці називають матрицями втрат  $R = \{R(y_j, l_k)\}$  [9, 32].

Для прикладу приведемо найпростішу із подібних матриць (табл.3.1). Розіб'ємо діапазон варіації гідрологічної величини  $Y$  на  $d$  інтервалів та приймемо в розрахунок  $c$  господарських рішень. В цьому випадку необхідно виконати  $cd$  комбінацій гідролого-економічних розрахунків (в наведеному прикладі  $d=4, c=4$ ).

В табл. 3.1 "діагональні" значення втрат  $R_{11}, R_{22}, R_{33}, R_{44}$  дорівнюють нулю, тому що відповідають комбінаціям, які характеризують співвідношення рішень та реалізованих значень  $Y$  (ідеальні рішення). Решта втрат  $R(y_j, l_k) > 0$ .

Таблиця 3.1 – Загальний аналітичний вигляд матриці втрат

$$R = \| \| R(y_j, l_k) \| \| \text{ (при } d=4, c=4 \text{)}$$

$l_k$	$y_j$			
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$l_1$	$R_{11}$	$R_{21}$	$R_{31}$	$R_{41}$
$l_2$	$R_{12}$	$R_{22}$	$R_{32}$	$R_{42}$
$l_3$	$R_{13}$	$R_{23}$	$R_{33}$	$R_{43}$
$l_4$	$R_{14}$	$R_{24}$	$R_{34}$	$R_{44}$

Платіжна матриця втрат – це таблиця економічних втрат, які виникають в результаті невідповідності між узятими в розрахунок і фактичними характеристиками гідрологічного явища або процесу. В платіжних матрицях втрат величини кожного із інтервалів за шкалою рішень  $l$  та значень гідрологічної величини  $y$  однакові і дорівнюють  $2\Delta y$ ; в протилежному випадку неможливо однозначно оцінити, чи відповідало рішення  $l_k$  здійсненому значенню  $y_j$ , а також – наскільки велика була помилка рішення  $y_j - l_k$ .

Матричний спосіб вираження функції втрат потребує виконання відносно невеликого обсягу гідролого-економічних розрахунків. Основний недолік матричного підходу полягає в тому, що безперервна функція втрат  $R(y, l)$  виражається у дискретній формі. Отже, результат оптимізаційного розрахунку залежить від кількості розглянутих при складанні матриці комбінацій  $cd$ .

### 3.4 Матриця умовних ймовірностей

Платіжна матриця втрат дозволяє знайти оптимальне рішення тільки при сумісному розгляді її з матрицями ймовірностей подання величини  $Y$  в кожний із інтервалів, на які розбитий діапазон варіації цієї величини (табл.3.1). Якщо мова йде про оптимізаційні розрахунки на основі прогностичної інформації, то ймовірність подання в кожний із інтервалів носить умовний характер тому, що дозволяє оцінити гідрологічне явище лише в межах конкретного випуску прогнозу.

Матриця умовних ймовірностей – це таблиця ймовірностей реалізації деякого гідрологічного явища або процесу з урахуванням різноманітних початкових умов.

Позначимо матрицю умовних ймовірностей як

$$p = \left\| p\left((y_j \pm \Delta y) | y'_i\right) \right\|, \quad (3.10)$$

де  $\Delta y$  – половина інтервалу.

Для наближеної оцінки явищ або процесів в ряді випадків достатньо розбити на три інтервали увесь діапазон змінювання прогностичної величини  $Y$ , яка може бути отримана за допомогою даного методу прогнозування (більше за норму, близько до норми або менше за норму). При розділенні діапазону величини  $Y$  на п'ять інтервалів ( $d=5$ ) та подання прогностичної інформації в діапазоні трьох інтервалів, матриця умовних ймовірностей матиме вигляд, наведений в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Матриця умовних ймовірностей  $p = \left\| p\left((y_j \pm \Delta y) | y'_i\right) \right\|$

$y'_i$	$y_i$				
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$
$y'_1$	$p_{11}$	$p_{12}$	$p_{13}$		
$y'_2$		$p_{22}$	$p_{23}$	$p_{24}$	
$y'_3$			$p_{33}$	$p_{34}$	$p_{35}$

При випуску прогнозу гідрологічної величини або явища  $y'_1$ , тобто в умовах попереднього обчислювання підвищення водності, ймовірності реалізації значень  $y_4$  і  $y_5$  не значні і в практичних розрахунках можуть дорівнювати нулю, тоді і  $p_{14} \approx 0$ ,  $p_{15} \approx 0$ . Незначними також будуть ймовірності здійснення значень гідрологічних величин  $y_1$  і  $y_5$  під час прогнозу середньої водності  $y'_2$  та значень  $y_1$  і  $y_2$  під час прогнозу зниженої водності –  $y'_3$ .

Розрахунок умовних ймовірностей можна виконати графічно із використанням умовної кривої забезпеченості. Однак в більшості випадків використовують одну функцію (закон розподілу) як апроксимацію розподілу

похибок прогнозів. Якщо похибки прогнозування описуються нормальним законом розподілу, умовна ймовірність попадання гідрологічної величини  $Y$  в  $j$ -й інтервал дорівнює

$$p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) = \frac{\Phi\left(\frac{y_j + \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right) - \Phi\left(\frac{y_j - \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right)}{\Phi\left(\frac{y_{max} - y'_i}{S_{y_i}}\right) - \Phi\left(\frac{y_{min} - y'_i}{S_{y_i}}\right)}, \quad (3.11)$$

де  $\Phi(\dots)$  – позначення інтеграла Гауса;

$S_{y_i}$  – середньоквадратична похибка прогнозування в умовах випуску  $i$ -го прогнозу;

$y_{max}$  і  $y_{min}$  – максимальне і мінімальне значення гідрологічної величини, що прийняті для практичних розрахунків як крайові межі варіації величини  $Y$ .

Знаменник виразу (4.11) показує імовірність попадання в інтервал від  $y_{min}$  до  $y_{max}$  при умовній нормі  $y'_i$ .

Перерахунок ймовірностей 
$$P = \Phi\left(\frac{y_j + \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right) - \Phi\left(\frac{y_j - \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right)$$

необхідний у зв'язку з тим, що матричний варіант виконання оптимізаційних розрахунків передбачає, як правило, заміну повного розподілу ймовірностей зрізаним розподілом.

### 3.5 Критерії оптимізації господарських рішень

Розглянемо деякі критерії, які використовуються в сучасній практиці при оптимізації господарських рішень на основі гідрологічної інформації.

Критерій мінімакса – це критерій, який обґрунтовує вибір рішення, мінімізуючи максимальні втрати. «Мінімакський» критерій потребує прийняття крайніх заходів по безумовному запобіганню несприятливого впливу особливо небезпечного природного явища, незалежно від початкових умов. Даний критерій, який обумовлює достатньо радикальну позицію споживача, використовується в тих випадках, коли невідома умовна

ймовірність здійснення стихійного гідрологічного явища (СГЯ) або розрахунок такої ймовірності виконується з похибками, що призводять інформативність отриманої оцінки настання СГЯ практично до нуля.

Байєсова стратегія. Стратегія, на відмінну від рішення, – не одноразовий захід, а принцип (алгоритм дії), який споживач використовує при прийнятті господарських рішень на протязі достатньо тривалого процесу господарювання [47]. Стратегія називається *чистою*, якщо будь-якій заданій ситуації відповідає тільки одна із дій. Змішані або рандомізовані стратегії передбачають прийняття рішень у вигляді стохастичної процедури, яка є випадковим вибором дій із деякої їх сукупності відповідно заданому розподілу ймовірностей [31]. Часто змішана стратегія зводиться до одночасного здійснення декількох дій у пропорціях, рівних відповідним ймовірностям.

Байєсова стратегія зводиться до мінімізації середніх статистичних втрат, тобто

$$\bar{R}(l_0) = \min_{\langle l \rangle} \bar{R}(l), \quad (3.12)$$

де  $\min_{\langle l \rangle} \bar{R}(l)$  – мінімальне значення середньостатистичних втрат,

обчислених за умови прийняття усіх можливих господарських рішень;

$l_0$  – оптимальне господарське рішення.

Критерій мінімальної дисперсії втрат. Господарська стратегія, використовуючи цей критерій при оптимізації господарського рішення, є більш обережною тому, що споживач знаходить рішення, яке перешкоджає перш за все виникненню значних втрат. В загальному вигляді критерій мінімальної дисперсії втрат має вигляд

$$D(l_0) = \min_{\langle l \rangle} D(l). \quad (3.13)$$

Невеликі втрати враховуються у формулі (4.13) із суттєво меншими ваговими коефіцієнтами.

Критерій мінімальної ймовірності найбільш великих втрат. Даний критерій є найбільш обережною стратегією, що дозволяє запобігти дуже приблизних розрахунків і представляється у вигляді

$$p(l_0)(\bar{R} > R') = \min_{\langle l \rangle} p(l)(\bar{R} > R'), \quad (3.14)$$

де  $\min_{\langle l \rangle} p(l)(\bar{R} > R')$  – мінімальна ймовірність реалізації середньостатистичних втрат, що перевищує заданий рівень втрат  $R'$ .

Необхідно відмітити, що оптимізація може здійснюватися не тільки в напрямку мінімізації втрат, але й в напрямку, наприклад, максимізації виграшу  $G$  [10, 11, 38].

Застосування критерію (3.12) передбачає обчислення середніх (ймовірних) втрат при всіх рішеннях  $l_k$ . Розрахунок таких втрат аналогічний розрахунку норми гідрологічної величини

$$\bar{y} = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} y f(y) dy, \quad (3.15)$$

де  $f(y)$  – функція розподілу ймовірностей реалізації різноманітних значень гідрологічної величини  $Y$ .

У випадку, коли розподіл гідрологічної величини  $Y$  належить до нормального закону, функція  $f(y)$  має вигляд

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{(y-\bar{y})^2}{2\sigma_y^2}}. \quad (3.16)$$

Середні статистичні втрати  $\bar{R}(l_k)$  визначаються за схемою аналогічною до (3.15) із заміною значень  $y$  конкретними реалізаціями втрат при рішенні  $l_k$  та здійсненні різноманітних змін значень  $y$  від  $y_{\min}$  до  $y_{\max}$  у вигляді

$$\bar{R}(l_k) = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} R(y, l_k) f(y) dy. \quad (3.17)$$

Величина середніх (ймовірних) втрат  $R(l)$  в свою чергу є функцією та змінюється із зміною рішення  $L$ . Найменше значення середня втрата  $R(l_k)$  набуває при оптимальному рішенні  $l_k = l_0$ . Рішення називається

оптимальним, якщо в умовах більшості можливих результатів воно приводить до найменших (ймовірних) економічних втрат споживача.

При оптимальному рішенні похідна функції  $\bar{R}(l)$  дорівнює нулю

$$\left. \frac{d\bar{R}}{dl} \right|_{l=l_0} = 0. \quad (3.18)$$

Байєсова стратегія, а саме цьому критерію відповідають вирази (3.17) і (3.18), широко використовується при виконанні гідролого-економічних розрахунків при оптимізації господарських рішень. Так, графічний спосіб виявлення гідрологічних залежностей, заснований на мінімізації суми відхилень від середньостатистичної лінії зв'язку, в цілому відповідає умовам Байєсової стратегії. Кожне таке відхилення є своєрідною втратою, а саме полягає в похибках результатів прогнозів відносно встановленої закономірності. Наприклад, рішенням  $L$  при лінійній залежності  $y = \alpha x + b$  є кут нахилу лінії зв'язку, що проходить через точку  $y = \bar{y}$ ,  $x = \bar{x}$ . При оптимальному куті нахилу  $\alpha = \alpha_0$  суми відхилень двох знаків мінімальні і при достатньо великому наборі даних дорівнюють один одному за абсолютним значенням, а середнє абсолютне відхилення  $R(\alpha_0) = \min_{\langle \alpha \rangle} \bar{R} < \alpha >$ .

### 3.6 Оптимізаційний розрахунок в матричній формі

Загальна схема оптимізаційного розрахунку на основі прогностичної інформації залишається незмінною і відповідає, в залежності від прийнятого критерію, схемі обчислення (3.17)-(3.18). Відмінність полягає лише в тому, що функція розподілу  $f(y)$  замінюється умовним розподілом ймовірностей  $\varphi(y|y'_i)$ . В межах Байєсової стратегії середньостатистичні втрати при рішенні  $l_k$  та прогнозі  $y'_i$ , складають

$$\bar{R}(y'_i, l_k) = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} R(y, l_k) \varphi(y|y'_i) dy. \quad (3.19)$$



В матричній формі розрахунок середньостатистичних втрат аналогічний за (3.19) і виконується за схемою

$$\bar{R}(y'_i, l_k) = \sum_{j=1}^{j=d} p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) R(y_j, l_k). \quad (3.20)$$

Оптимальним є рішення  $l_k = l_{k_0}$ , при якому втрати, обчислені за формулою (3.20), є найменшими

$$\bar{R}(y'_i, l_{k_0}) = \min_{\langle k \rangle} \bar{R}(y'_i, l_k). \quad (3.21)$$

Для побудови загальної стратегії господарювання, на основі прогнозів гідрологічної величини  $Y$  і виявленої функції втрат  $R(y, l)$  в доповнення до табл. 3.1 і 3.2 складається матриця стратегій [4, 10, 17].

Припустимо, оптимізаційні розрахунки показали, що  $l_{k_0} = y'_i - 2\Delta y$  (за умови, що діапазони варіації величин  $Y$ ,  $Y'$ ,  $L$  розбиті на однакові інтервали, тобто  $\Delta y = \Delta y' = \Delta l$ ). Споживачу, діяльність якого описана функцією втрат  $R(y, l)$ , вигідно призначити режим роботи об'єкту виходячи із значення  $l_{k_0}$ , меншого ніж передбачено прогнозом  $y'_i$ . Якщо  $y'_1 = l_1$ ,  $y'_2 = l_2$ ,  $y'_3 = l_3$ , тоді матриця стратегій представляється у вигляді табл. 4.3. Значення середніх втрат  $\bar{R}_{10}$ ,  $\bar{R}_{20}$  і  $\bar{R}_{30}$  – найменші в кожному рядку таблиці стратегій. Ці втрати, за умови використання конкретного методу прогнозування і збереження техніко-економічних показників споживача, слід визнати неминучими у середньостатистичному розумінні.

Таблиця 3.3 – Матриця стратегій середніх втрат  $\bar{R}(y'_i, l_k)$

$y'_i$	$l_k$			
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
$y'_1$	$\bar{R}_{11}$	$\bar{R}_{10}$	$\bar{R}_{13}$	$\bar{R}_{14}$
$y'_2$	$\bar{R}_{21}$	$\bar{R}_{22}$	$\bar{R}_{20}$	$\bar{R}_{24}$
$y'_3$	$\bar{R}_{31}$	$\bar{R}_{32}$	$\bar{R}_{33}$	$\bar{R}_{30}$

Розрахунок середніх (ймовірних) втрат за період оптимального використання прогностичної інформації  $\bar{R}(l_0)$  виконується за формулою

$$\bar{R}(l_0) = \sum_i p(y'_i \pm \Delta y) \bar{R}(y'_i, l_{k_0}), \quad (3.22)$$

$p(y'_i \pm \Delta y)$  - елементи матриці ймовірностей випуску прогнозу (табл.3.4);

$l_0$  - оптимальне рішення при використанні прогностичної інформації.

Таблиця 3.4 – Матриця ймовірностей випуску прогнозу

$$p = p(y'_i \pm \Delta y)$$

$y'_i$	$y'_1$	$y'_2$	$y'_3$
$p(y'_i \pm \Delta y)$	$p_1$	$p_2$	$p_3$

Оптимізація господарського рішення на основі режимних узагальнень або нормативної гідрологічної інформації виконується аналогічно.

Платіжна матриця втрат в цьому випадку має той же вигляд, що й наведений в табл. 3.1. Відмінність полягає в тому, що в залежності від поставленої задачі, рішення  $l_k$  можуть не включати весь діапазон варіацій гідрологічних величин  $Y$ , обмежуючи споживача певними межами, наприклад, витратами (рівнями) води рідкої ймовірності повторюваності у багаторічному розрізі, що становлять загрозу затоплення населених пунктів або господарських об'єктів.

Основним гідрологічним матеріалом оптимізаційного розрахунку за даними режимного характеру є матриця безумовних (багаторічних) ймовірностей  $p' = \|p(y_j \pm \Delta y)\|$  (табл.3.5).

Припустимо, проведений розрахунок середніх (ймовірних) втрат на основі інформації про функції втрат (табл.3.1.) та багаторічних ймовірностей господарювання при попаданні гідрологічної величини  $Y$  в той чи інший інтервал (табл. 3.5) за формулою вигляду

$$\bar{R}(l_k) = \sum_{j=1}^d p(y_j \pm \Delta y) R(y_j, l_k). \quad (3.23)$$

Таблиця 3.5 – Матриця безумовних ймовірностей  $p' = \|p(y_j \pm \Delta y)\|$  при розбитті діапазону варіації величини  $Y$  на  $d=4$  інтервалів

$y_j$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$p(y_j \pm \Delta y)$	$p'_1$	$p'_2$	$p'_3$	$p'_4$

Так, наприклад, якщо  $y_2 = \bar{y}$  і рішення  $l_3 = \bar{y}$ , то середньостатистичні втрати  $\bar{R}(l_3)$  дорівнюють

$$\bar{R}(l_3) = \sum_{j=1}^4 p(y_j \pm \Delta y) R(y_j, l_3) = p'_1 R_{13} + p'_2 R_{23} + p'_3 R_{33} + p'_4 R_{43}. \quad (3.24)$$

Аналогічно до (3.24) обчислюються втрати  $\bar{R}(l_1)$ ,  $\bar{R}(l_2)$ ,  $\bar{R}(l_4)$ .

Тільки в конкретному випадку, при симетричності функції  $R(y, l)$ , із чотирьох розрахованих значень  $\bar{R}(l_k)$  мінімальними будуть втрати  $\bar{R}(l_3) = \bar{R}(l^*)$ .

Втрати  $\bar{R}(l^*)$  характеризують, наприклад, середній багаторічний рівень збитку в результаті помилок рішення  $L$ . Оцінка таких втрат дуже важлива тому, що є показником найбільш сприятливого за економічним ефектом стратегії споживача без врахування прогностичної інформації. Використання гідрологічних прогнозів припускає значне зниження середньостатистичних втрат споживача порівняно із  $\bar{R}(l^*)$ .

Розрахунок зниження середньостатистичних втрат за рахунок оптимального використання прогностичної інформації виконується за формулою

$$\Delta \bar{R}(l_0) = [\bar{R}(l^*) - \bar{R}(l_0)]. \quad (3.25)$$

В нашому прикладі при використанні стратегії Байєса оптимальним буде господарське рішення  $l_0 = l_k$ , при якому виконується рівність

$$\bar{R}(l_0) = \min_{\langle k \rangle} \bar{R}(l_k). \quad (3.26)$$

Таким чином, використання гідрологічних прогнозів припускає значне зниження середньостатистичних втрат споживача порівняно із  $\bar{R}(l^*)$  [1].

## **4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ**

Оцінка економічної ефективності (ЕЕ) широко застосовується практично в усіх галузях економіки України. Гідрологічні умови є важливим фактором, який визначає місце, обсяг і характер проектування та будівництва самих різноманітних об'єктів. При цьому для всіх видів споруджень розраховуються оптимальні умови: будівництво об'єктів повинно відповідати довговічності та не бути порівняно дорогими.

### **4.1 Потенційна корисність гідрометеорологічної інформації**

За даними Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО), потенціальна корисність гідрометеорологічної інформації в цілому на багато разів перевищувала втрати на підтримку національних гідрометеорологічних служб. На основі цих даних суттєво виросла дохідність деяких галузей господарства. Прикладом цінності гідрометеорологічної інформації є поява цілого ряду комерційних фірм по обслуговуванню океанських перевезень. Це, так зване, “плавання за рекомендованими курсами”. Під рекомендаціями розуміються прогнози погоди та хвилювання на судноплавних трасах [20, 49]. Ефективність методу гідрометеорологічного забезпечення виявилась настільки високою та очевидною, що послужило причиною створення в багатьох країнах світу цілого ряду комерційних фірм, які обслуговують океанське судноплавство.

Оцінка економічної ефективності необхідна для гідрометеорологічної служби з багатьох причин. Економічну оцінку різних напрямків та програм гідрометеорологічних досліджень і розробок найбільш ефективно можна виконати на основі інформації про реалізовану або потенціальну економічну ефективність цих робіт. Наприклад, при розробці аерокосмічних методів гідрометеорологічних досліджень, важливо порівняти цінність таких програм та очікувану корисність. Однією із цілей оцінки запланованих робіт є приведення у відповідність обсягів фінансування та матеріального забезпечення різноманітних досліджень (розробок) із об'єктивними даними

про їх економічну ефективність. Незадовільні показники економічної ефективності є стимулом для удосконалення наукової і практичної бази, організаційних основ того чи іншого розділу гідрометеорологічного забезпечення галузей економіки. Порівняння рішень, які конкурують за оцінкою економічної ефективності є найбільш об'єктивним підходом при аналізі тієї чи іншої пропозиції в конкретних умовах господарського стану споживача.

Визначення економічної ефективності перспективних розробок сприяє правильному усвідомленню значущості нових технологічних ідей, якщо розрахунки економічної ефективності проведені із врахуванням змінювання економічної кон'єктури [1, 12, 13]. Аналіз методів господарювання та визначення на основі гідролого-економічних розробок шляхом оптимального застосування різноманітних видів інформації про погоду і режим вод, які дозволяють оцінити потенціальну економічну ефективність, наглядно демонструє резерви в різноманітних галузях економіки України [29].

## 4.2 Загальна схема розрахунків економічної ефективності

Оцінка економічного ефекту від застосування нормативної та прогностичної гідрометеорологічної інформації в процесі виробки господарських рішень регламентується загальнодержавною методикою виконання подібних розрахунків [36,41, 44-46]. Для визначення економічного ефекту від гідрометеорологічної інформації необхідно відзначити основні статті розрахунку:

1. Виробничі затрати (Зпп) – це затрати, здійснені науково-дослідними закладами або оперативно-прогностичними підрозділами гідрометслужби на створення відповідних нормативів (БНіП), методів прогнозування, оперативного обслуговування споживачів гідрометеорологічною інформацією. Термін “попередні виробничі затрати”, припускає, що дані втрати несе не споживач, а постачальник гідрометеорологічної інформації, тобто підрозділ гідрометеорологічної служби.

2. Капітальні вкладення (К) – це затрати трудових, матеріально-технічних ресурсів і коштів на відтворення основних фондів. Капітальні вкладення включають до себе затрати на створення нових та реконструкцію діючих підприємств господарств та інше; в тому числі затрати на

проектування. Оцінюючи економічний ефект впровадження гідрометеорологічної інформації в виробництво, враховуються, як правило, капітальні вкладення споживача.

3. Собівартість ( $C$ ) – це втрати підприємства на виробництво та реалізацію продукції; собівартість включає до себе втрату коштів і матеріальних ресурсів на сировину, паливо, електроенергію, заробітну платню працівників, амортизаційні відрахування, затрати на соціальне страхування. Відношення чистого прибутку до собівартості продукції є рентабельністю виробництва.

4. Допоміжні затрати споживача (Здоп) – даний вид затрат споживача пов'язаний із коректуванням типових рішень, зміною проектів, використанням нормативів гідрометеорологічних даних. Так, в будівництві при проектуванні гідротехнічних споруд допоміжні затрати споживача визначаються затратами на розробку проекту із урахуванням уточнених нормативних гідрологічних характеристик, які подані в БНіП або інших довідникових джерел, а також уточненої прогностичної інформації.

Необхідно відзначити, що основні втрати споживача складаються із капітальних вкладів (одноразових затрат) та собівартості (поточних затрат). Сума одноразових і поточних затрат, приведена за допомогою нормативного коефіцієнта ефективності  $E_n$  до однієї одиниці виміру часу – року, називається приведеними затратами і визначається за формулою [34]:

$$П = C + E_n K. \quad (4.1)$$

Затрати водокористувача складаються із капіталовкладень  $K$  та експлуатаційних втрат  $C$ . Однак ці величини не повністю співпадають.

Капітальні вклади здійсненні одноразово в минулому або реалізувались в процесі будівництва. Тому, що в ході будівництва підприємство не змогло функціонувати із повною віддачею, то частина витрачених коштів виявилась замороженою і знаючи довгочасність будівництва  $t$  (в роках), капітальні вкладення  $K$  повинні обчислюватися із врахуванням реалізації:

$$K = \sum_{n=1}^t K_t (1 + g)^{t-n}, \quad (4.2)$$

де  $g=0,08$ .

Необхідно відзначити, що в (4.1)  $E_H K$  – капіталовкладення в виробничі фонди, які відносяться до річного циклу за допомогою коефіцієнтів  $E_H$ .

Важливим економічним показником доцільності втрат ( $Z_{don}$ ) є коефіцієнт ефективності капіталовкладень  $E$ :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (4.3)$$

де  $C_1, C_2$  – собівартість виробництва за рік в базовому ( $C_1$ ) і новому ( $C_2$ ) варіантах господарського рішення ( $C_1 > C_2$ );  $K_1$  і  $K_2$  – відповідно капітальні втрати в базовому і новому варіантах ( $K_1 > K_2$ ), тут  $Z_{don} = K_3 - K_1$ .

Проектування, будівництво та експлуатація об'єктів виробництва здійснюється при виконанні умови:

$$C + E_H K \rightarrow \min. \quad (4.4)$$

Це викликає необхідність розраховувати декілька варіантів рішення поставленої економічної задачі і визначити найкраще із них, при якому втрати у відповідності до умови (4.4) будуть найменшими. В нашому випадку **базове** рішення – вихідний спосіб господарювання із орієнтацією на застарілі гідрометеорологічні нормативи або, якщо мова йде про повсякденну діяльність споживача, із орієнтацією на норму гідрологічного явища або процесу. Крайнім випадком базового рішення можна визначити діяльність споживача при повній відсутності нормативної, оперативної і прогностичної інформації про стан водних об'єктів [18,19,36]. Гідрометеорологічна інформація, яка використовується споживачем в базовому варіанті, розглядається як отримана раніше і яка є в довідниково-режимних джерелах. Нульовий базис, як базовий варіант при повній відсутності гідрометеорологічної інформації – крайня умова.

Новий варіант припускає більш досконалий рівень технології виробництва внаслідок впровадження більш якісних нормативів та інформації. Вибір нового варіанта із врахуванням гідрометеорологічної інформації визначається уточненими значеннями нормативів, довідникових матеріалів, новими методами прогнозу гідрологічних і метеорологічних умов або існуючими оперативними прогнозами, виправданість яких постійно зростає внаслідок використання більш досконалих методів прогнозування.



Базовий і новий варіанти господарських рішень – це економічні показники рівня організації виробництва, в основу яких закладається гідрометеорологічна інформація різної значності.

Значення нормативного коефіцієнта ефективності затрат  $E_n$  запроваджується міністерством економіки або аналогічним урядовим органом за різними видами споживачів. Стосовно до гідрометеорологічної інформації, коефіцієнт  $E_n=0,15$  для оцінки економічного ефекту від використання деяких режимних досліджень, наприклад, даних по Світовому океану, рекомендується  $E_n=0,10$  [3,16]. Суть таких регламентацій в обмеженості строку окупності капітальних вкладів установленими нормативними проміжками часу:

$$T_H = \frac{1}{E_H}. \quad (4.5)$$

В середньому в різних галузях народногосподарського комплексу нормативний строк окупності  $T_n$  дорівнює 7-10 років [38].

Користь або збереження матеріальних засобів, які можуть бути або вже отримані, внаслідок повного врахування гідрометеорологічної інформації в виробництві за відрахуванням втрат на її отримання, називається економічним ефектом. Тому, економічний ефект використання гідрометеорологічної інформації у виробничій діяльності споживача визначається за формулою

$$E = N(\Pi_1 - \Pi_2) - E_H Z_{nn}, \quad (4.6)$$

де  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  – приведені затрати споживача гідрометеорологічної інформації при базовому і новому рішеннях;  $N$  – число аналогічних господарських об'єктів;  $Z_{nn}$  – перед виробничі затрати структурних підрозділів гідрометслужби.

Підкреслимо, що формула (4.6) – найбільш повно оцінює параметр  $E$  при використанні нормативної інформації.

Економія на річних приведених втратах є узагальненою економічною оцінкою використання результатів гідрологічної інформації у виробництві. В залежності від специфіки споживача і впроваджені гідрометеорологічної інформації вираз (4.6) можна представляти у різних модифікаціях [10].

Для оцінки тієї частини економічного ефекту, яка може бути зарахована у вигляді активу підрозділів гідрометеорологічних служб,

значення параметра  $E$ , обчисленого за формулою (4.6), можна перерахувати за декілька модифікованою формулою із використанням коефіцієнта  $\beta$ , який є частиною внеску гідрометеорологів в створення матеріальних цінностей в сфері виробництва конкретного споживача. В цьому випадку вираз (4.6) має вигляд

$$E_2 = \beta N(\Pi_1 - \Pi_2) - E_H Z_{mn}, \quad (4.7)$$

В наш час діють рекомендації для визначення параметра  $\beta$  – “Економічна ефективність від використання гідрометеорологічної інформації в народному господарстві – Н УГМО-5/280, від 20.03.78” [7,16]. Економічна ефективність використання споживачем гідрометеорологічної інформації кількісно показана відношенням

$$P = \frac{E_2}{E_H Z_m}. \quad (4.8)$$

Оцінка економічного ефекту і економічної ефективності використання гідрометеорологічної інформації здійснюється відомими економічними показниками споживача. До таких показників відносяться: втрати споживача на розвідування, здійснення спостережень (вимірів) та обробку їх результатів; затрати на будівництво і відновлення господарських об’єктів, затрати на перевезення, вироблення електроенергії, промислової і сільськогосподарської продукції і показники.

Ці економічні показники можна показати і у вартісному (грошовому), і у натуральному відрахуванні.

Розрізняють очікуваний (потенційний) і фактичний економічний ефекти.

Очікуваний економічний ефект є попередньою оцінкою економічної корисності даного виду гідрометеорологічної (гідрологічної) інформації. Фактична економічна ефективність визначається разом із споживачем після введення нормативної, оперативної і прогностичної інформації в практику.

Запропонована в цьому розділі загальна схема розрахунку економічного ефекту в спеціальній літературі отримала назву – “Оцінка економічної ефективності використання гідрометеорологічної інформації за методом приведених затрат”.

### 4.3 Оцінка повторюваності господарського рішення

Розрахунок середньостатистичних втрат споживача при використанні прогностичної інформації потребує визначення ймовірностей здійснення початкових ситуацій. Очевидно, ці ймовірності відповідають повторюваності того чи іншого прогнозу.

Визначимо статистичні характеристики прогностичної величини  $Y$ . Норма даної гідрометеорологічної величини відповідає  $\bar{Y}$ . Дисперсія гідрологічної величини  $D_y$  в загальному випадку визначається [21,23]

$$D_y = D_{y'} + S_y^2 + 2r_{\Delta y', y'} \sigma_{y'} S_y. \quad (4.9)$$

де  $r_{\Delta y', y'}$  коефіцієнт кореляції похибок прогнозів та очікуваних при значущих значеннях ізогеної кореляції  $r_{\Delta y', y'}$ ;  $S_y$  – середньоквадратична похибка перевірочних прогнозів;  $\sigma_{y'}$  – середньоквадратичне відхилення прогностичної величини  $Y'$ ;  $D_{y'}$  – дисперсія прогностичної величини  $Y'$ .

За (4.9) змінюваність гідрологічної величини  $Y'$  обчислюється за формулою

$$\sigma_{y'} = \sqrt{D_{y'} - S_y^2 - 2r_{\Delta y', y'} \sigma_{y'} S_y}. \quad (4.10)$$

Припустимо, що розподіл величини  $Y'$  відповідає нормальному закону (розподілу Гауса), то ймовірність попадання прогностичної величини в  $i$ -й інтервал  $p = (y_j \pm \Delta y)$  можна визначити відповідно виразу [38].

Таблиця 4.1 - Матриця ймовірностей  $p' = \|p(y_j \pm \Delta y)\|$  при розбитті діапазону варіації величини  $Y'$  на чотири інтервали

$y_j$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$p = (y_j \pm \Delta y)$	$p'_1$	$p'_2$	$p'_3$	$p'_4$

Ймовірності  $p' = p(y'_j \pm \Delta y)$  в табл. (4.1.) характеризують повторюваність оптимальних рішень  $l_{i,0}$  і  $l'_{i,0}$  на основі прогнозу  $y'_1$ .

#### 4.4 Повна економічна ефективність методів прогнозування

Цей термін означає середньостатистичний вигреш або середньостатистичні втрати від оптимізації господарського рішення із врахуванням прогностичної інформації. Розрахунок повної економічної ефективності (в середньостатистичних утратах) виконуються за наступним виразом

$$\begin{aligned} R_{cep0,y'} &= \sum_i \sum_j p(y'_i \pm \Delta y) p((y'_i \pm \Delta y) | y_i) R_{yji,0} = \\ &= \sum_i p(y'_i \pm \Delta y) R_{y'ili,0}. \end{aligned} \quad (4.11)$$

Втрати  $R_{cep0,y'}$  замінюють оцінку приведених втрат споживача гідрометеорологічної інформації при новому рішенні  $\Pi_2$  у виразах (4.6) і (4.7). Ймовірно – це неминучі втрати, які несе споживач в певний період, відповідний за тривалістю завчасності прогнозу  $Y'$ . Повертаючись до формули (4.7), економічний ефект  $E_2$  від прогностичної інформації складає

$$E_2 = \beta [R_{cep}(l_0) - R_{cep0,y'}] - E_H Z_{nn}, \quad (4.12)$$

де  $R_{cep}(l_0)$  – середньостатистичні втрати при орієнтуванні водокористувача на режимну або нормативну інформацію про стан водного об'єкта та виконання оптимізаційного розрахунку на цій основі.

В багатьох випадках основні виробничі затрати  $Z_{nn}$  здійснюються безпосередньо в період складання гідрологічного прогнозу, наприклад, конкретна методика прогнозу створена раніше і не вимагає істотної модернізації (корегування), опорна мережа гідрологічних станцій та постів не змінюється протягом досить тривалого часу, існуюча опорна мережа гідрометеорологічної служби досить повно і надійно освітлює досліджуваний водний об'єкт, що не потребує створення допоміжної мережі пунктів спостережень і т.п. Тоді розрахунок економічного ефекту  $E_2$  виконується таким чином

$$E_2 = \beta [R_{cep}(l_0) - R_{cep0,y'}] - Z_{nn}. \quad (4.13)$$

Оцінка економічної ефективності забезпечення водокористувача конкретною прогностичною інформацією виконується за формулою (4.8).

#### 4.5 Економічна ефективність використання нормативної гідрологічної інформації

При оптимізації господарського рішення на основі режимних узагальнень або нормативної інформації втрати споживача в новому варіанті господарювання визначається капіталовкладеннями  $K_2$  та експлуатаційними втратами  $C_2$ , реалізованими в межах оптимального рішення  $l_0$ , тобто, в даному випадку, це значення  $K_{2,0}$  та  $C_{2,0}$ :

$$P_{2,0} = C_{2,0} + E_H K_{2,0}. \quad (4.14)$$

Схема розрахунку економічного ефекту використання гідрологічної інформації аналогічна (4.6) але з урахуванням затрат  $P_{2,0}$ .

В процесі проектування типових гідротехнічних споруд, портів, мостових переходів і т.п. оптимізаційні розрахунки не виконуються. Вважається, що вони вже виконані різними науково-дослідними закладами і оформлені у вигляді різних методичних і нормативних документів. Параметри оптимальних рішень  $l_0$ , в залежності від класу капітальних споруд приведені в відповідних нормативних БНіП (в наш час, стосовно гідрологічної інформації, діє БНіП 2.01.14-83).

Елемент заданості при виборі господарського рішення на основі нормативної інформації не є ознакою відсутності економічної ефективності таких матеріалів. По-перше, нові нормативні документи дають самостійність проектувальникам, дозволяючи усувати залишкову формалізацію рішень в процесі гідрологічного обґрунтування проектів. По-друге, якщо гідрологічні параметри БНіП, якими користуються проектувальники, все таки не підходять для уточнення, то як “базовий варіант” розглядається проектування на основі попередніх нормативних документів або шляхом проведення аналогій із діючими господарськими об’єктами на інших водоймищах та водотоках [5, 6, 16, 35, 38, 40].

Підвищення надійності нормативної гідрологічної інформації скорочує об’єм водно-технічних пошуків, які проводяться споживачами для гідрологічного заснування проектів. Затрати на пошуки  $Z_{пош}$  та обробку первинного польового матеріалу  $Z_{обр}$  належать до щорічних експлуатаційних втрат періоду проектування і будівництва  $C$ . При відсутності нормативної інформації або її низької точності – це затрати

$$C_{1,пош} = Z_{1,пош} + Z_{1,обр}. \quad (4.15)$$

Використання нормативних документів Держкомгідромета зменшують витрати споживача на пошуки

$$C_{2,пош} = Z_{2,пош} + Z_{2,обр}. \quad (4.16)$$

Необхідно відзначити, що підготовка і видання нормативних матеріалів передбачає деякі виробничі затрати  $Z_{nn}$ . Тоді частина ефекту використання проектувальниками гідрологічної інформації  $E_{пош}$ , яка є в зменшенні втрат на інженерні пошуки, визначається таким чином

$$E_{пош} = N(C_{1,пош} - C_{2,пош}) - E_H Z_{nn}. \quad (4.17)$$

Очевидно, економічний ефект  $E_{пош}$  – порівняно невелика частка користі від використання нормативної гідрологічної інформації при проектуванні. Достатньо короткочасні, навіть якщо період нульових експедиційних досліджень складає декілька років, пошуки проектувальників не можуть забезпечити точність статистичних характеристик, гарантованих нормативами гідрометеорологічної служби України. В даному варіанті господарювання виникає небезпека аварії на проєктованому об’єкті або великі втрати на залишкові капіталовнесення, які створюють так званий “запас міцності”. Економічний ефект використання надійних нормативних характеристик для оптимізації господарського рішення (капіталовнесків) складає за аналогією із (4.6) величину

$$E_{дол} = \beta N [E_H (K_1 - K_{2,0}) + C_a], \quad (4.18)$$

де  $C_a$  – експлуатаційні затрати за період аварії та перерви в роботі, якщо капіталовнески  $K_1$  недостатні порівняно з оптимальними затратами  $K_{2,0}$ , які визначають за нормативною інформацією гідрологічної служби.

У виразах (4.18)  $C_a > 0$ , якщо  $K_1 > K_{2,0}$  (залишковий “запас міцності”), врахування попередніх виробничих затрат виконаний  $Z_{nn}$ , виконаний при оцінці ефекту  $E_{зал}$  у виразі (4.17). Загальний економічний ефект використання нормативної інформації при проектуванні дорівнює

$$E_{\Gamma} = E_{\text{норм}} + E_{\text{дон}} + \beta N(C_1 - C_{2,0}), \quad (4.19)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  – річні експлуатаційні втрати в базовому та оптимальному варіантах.

#### 4.6 Умови оцінки економічного ефекту гідрологічних прогнозів

Економія матеріальних засобів в різних формах господарювання відбувається за двома напрямками: економія у виробництві та економія за рахунок правильного обліку і використання впливу гідрометеорологічних умов. Цінність гідрометеорологічної інформації в цілому, та гідрологічної, частково, включає інформативність і корисність [5, 7, 10]. Інформативність прогностичної інформації відбиває рівень адекватності отриманої інформації майбутнього фактичного стану природного середовища (водних об'єктів).

Корисність їх є цільовою категорією цінності та необхідною передумовою економічного ефекту прогнозів в народному господарстві.

Нехай  $\sigma_0(\eta)$  середня квадратична похибка оперативного прогнозу, враховуючи всю інформацію, яка надходить в обласні центри по гідрометеорології (ЦГМ) – джерело інформації,  $\sigma(\eta)$  – середня квадратична похибка випадкового, інерційного прогнозу. Тоді, як показник корисності прогнозів беруть величину, рекомендовану В.Н. Біляєвим [1]

$$\chi(\eta) = 1 - \frac{\sigma_0(\eta)}{\sigma(\eta)}. \quad (4.20)$$

Очевидно, що  $\chi(\eta) \leq 1$ . При  $\chi(\eta) = 1$  джерело дає абсолютно корисну інформацією, при  $0 < \chi(\eta) < 1$  – корисну інформацією, при  $\chi(\eta) = 0$  – джерело не дає інформації, а при  $\chi(\eta) < 0$  – дає збиткову інформацію.

Отримана таким чином корисність прогнозів показує потенціальні можливості використання даного виду прогностичної інформації, однак вона ще не є економічно вигідним використанням для даного виду господарювання споживача.

Застосування гідрометеорологічних прогнозів в господарстві країни практично завжди корисно. Головне ж в тому, наскільки економічно

ефективно їх використання. Очевидно, що застосування гідрометеорологічних прогнозів вигідніше там, де споживач несе менші середні збитки через гідрологічні та метеорологічні причини.

Орієнтуючись на середні збитки через гідрологічні причини, можна зробити висновок про реакцію споживача на стан водного об'єкта (погодні умови). Зменшення середніх збитків в однакові роки (сезони) є задовільним фактом, але він не дає підстав для висновку, що надані споживачу прогнози дійсно були економічно корисними. Це зумовлено двома причинами, по-перше, в одні і ті ж сезони стан водних об'єктів (погодних умов) може суттєво відрізнятись. По-друге, із розвитком структури та технології господарювання удосконалюють захисні заходи, що дає зменшення матеріальних втрат. Таким чином, зміна середніх збитків споживача не може служити надійною мірою якості гідрометеорологічного забезпечення.

У несприятливих гідрометеорологічних умовах (початок інтенсивного підйому рівня води) прогноз їх початку буде економічно корисним. В наступному при забезпеченні несприятливих гідрометеорологічних умов корисність успішного прогнозу зменшується тому, що споживач уже працює в цих умовах. Чим стійкіші ці умови і чим більш довший час вони спостерігаються, тим більше ймовірно, що споживач сам достатньо надійно може їх прогнозувати, тобто, складати інерційні гідрологічні прогнози. Тому методичні прогнози будуть мати для споживача економічний інтерес тільки в тому випадку, якщо вони будуть більше сприяти зниженню втрат через гідрологічні причини, чим інерційні прогнози. Інерційний прогноз береться як один із базових варіантів оцінки економічного ефекту оперативних методичних прогнозів.

Прогнозист нерідко зустрічається з такими гідрометеорологічними (гідрологічними) процесами, коли, з однаковою ймовірністю можливо чекати розвиток одного із них. В таких ситуаціях прогноз, навіть успішний, може бути випадковим. Будучи успішними, такі випадкові прогнози нерідко є економічно вигідними. Чим складніше прогнозувати окремі гідрометеорологічні явища або процеси при їх зміні, тим більша виникає необхідність попередньо оцінювати ефект методичних прогнозів по відношенню до випадкових, які можуть розглядатися іншим базовим варіантом.

При низькій якості (виправданості) методик прогнозів споживач може орієнтуватися на норму гідрометеорологічної характеристики. Розрахунок



економічної ефективності для даного варіанту господарювання розглянутий в п. 4.5. цього курсового проекту.

При оцінці економічного ефекту відповідних методик прогнозів потрібно вибрати попередній базовий варіант, тобто один із стандартних прогнозів: інерційний, випадковий або орієнтовний на норму. Для оцінки економічного ефекту прогнозів для даного споживача, слід розраховувати економічний ефект ідеальних прогнозів, а для порівняльної оцінки економічного ефекту метода прогнозування можна узяти деякий метод, який вже використовувався [39-42].

Таким чином, загальним принципом оцінки економічної корисності прогнозу є порівняння збитків (або виграшів), які отримує споживач при використанні методичних прогнозів, із збитками (або виграшем), які він отримує, орієнтуючись на стандартні прогнози.

## 5. ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ ЕКОНОМІКИ

Одним з найважливіших питань освоєння природних ресурсів є їх економічна оцінка при якій доцільно зрозуміти порівняльну економічну ефективність використання цих ресурсів в господарстві. Особливості економічної оцінки водотоків і водоймищ, як об'єктів природокористування при існуючих і планових (проектних) умовах. Потрібно встановити залежність корисності екологічних, соціальних і економічних господарських властивостей прирічкових територій від різних факторів водного режиму річок, озер, та водоймищ, виявити об'єктивно зумовлені зміни водного режиму водотоків з точки зору соціального фактора та збереження екосистеми. На цій основі пов'язуються вимоги галузей і об'єктів господарювання до водного режиму та використання водотоків, водойм та їх територій шляхом формування водогосподарських комплексів на визначний розрахунковий рівень.

Використання водних ресурсів передбачає економічну оцінку ресурсу і визначення затрат на його добування. Втрати на добування ресурсів складаються із вартості водогосподарських заходів, які включають вивчення середовища, утримання гідрометеорологічної сітки, що забезпечує необхідну інформацію. Економічну оцінку ресурсу пропонується проводити на основі урахування збитку, пов'язаного із вилученням того чи іншого ресурсу, включити оцінку втрати продукції, отриманої при використанні цього ресурсу та оцінку затрат, необхідних для виробництва обсягу продукції (в тому ж обсязі інших видів господарювання) з використанням заміни виду ресурсу.

Для економічної оцінки зміни стану водного середовища і їх наслідків можна використовувати виробничі функції, що виражає залежність результатів виробництва від факторів, які визначають його діяльність. Якщо узяти як економічні фактори втрати капітальних внесків (втрати)  $K$ , затрати праці  $T$ , то можна розглянути дві виробничі функції, що не залежать від часу

$$\begin{aligned} P &= \Phi(K, T, S), \\ C &= \Omega(K, T, S). \end{aligned} \tag{5.1}$$

Тут  $\Pi$  – обсяг кінцевого продукту виробництва (повне виконання умов других видів господарювання);  $C$  – собівартість одиниці продукції;  $S$  – параметр стану водного середовища.

Виробничі функції мають вигляд степеневих одночленів:

$$\begin{aligned} \Pi &= A \cdot K^{\alpha_1} \cdot T^{\beta_1} \cdot S^{\gamma_1}, \\ C &= B \cdot K^{\alpha_2} \cdot T^{\beta_2} \cdot S^{\gamma_2}. \end{aligned} \quad (5.2)$$

Значення показників характеризують величину відносного матеріального приросту споживача в залежності від відносного економічного або природного фактору.

Виробничі функції можуть бути використанні для економічних оцінок впливу стану середовища і його трансформації на виробництво.

Із зростанням капітальних внесків і затрат праці збільшується кількість кінцевого продукту. Тобто,

$$\frac{\delta \Pi}{\delta T} > 0 \quad \text{та} \quad \frac{\delta C}{\delta T} > 0.$$

При інтенсивному розвитку виробництва реконструкції за рахунок запровадження більш удосконалених технологій на основі додаткових капіталовнесків сприяє зросту обсягу продукції при одночасному зниженні собівартості. Тому повинна виконуватися умова  $\delta C / \delta K < 0$ . Одночасно при інтенсивному розвитку виконуються такі рівняння

$$\delta \Pi / \delta T < 0 \quad \text{та} \quad \delta C / \delta T > 0.$$

Нехай якість зовнішніх природних факторів відбиває всього один параметр або всі параметри середовища об'єднані в одну комбінацію –  $S$ . Візьмемо за позитивну зміну стану середовища, яка сприятливо впливає на процес господарювання споживача. Тоді зміна стану середовища  $\Delta S > 0$  має при сталих  $K$  і  $T$  зростання кінцевого продукту, тобто  $\delta \Pi / \delta S > 0$ . При зростанні обсягу виробництва у випадку несприятливої зміни стану середовища, собівартість продукції спаде, тоді  $\delta C / \delta S < 0$ .

Розглянемо деякі варіанти компенсації збитку, нанесеного виробництву зміною стану водного середовища. При повній компенсації зміни стану є така приблизна залежність

$$\begin{aligned}\Delta \Pi &= \frac{\delta \Pi}{\delta K} \Delta K + \frac{\delta \Pi}{\delta T} \Delta T + \frac{\delta \Pi}{\delta S} \Delta S = 0. \\ \Delta C &= \frac{\delta C}{\delta K} \Delta K + \frac{\delta C}{\delta T} \Delta T + \frac{\delta C}{\delta S} \Delta S = 0.\end{aligned}\tag{5.3}$$

Тут:  $\Delta K$  і  $\Delta T$  додаткові капіталовнески і трудові затрати, які визначаються згідно рекомендації [15]. Економічні оцінки зміни стану водного середовища при частковій компенсації збитку ( $\Delta \Pi = 0$  і  $\Delta C \neq 0$ ) можливі у двох варіантах.

Перший варіант передбачає виконання умови, коли  $\Delta K = 0$ . Часткова компенсація збитку виробництва через зміну стану водного середовища відбувається за рахунок збільшення затрат праці. Тоді із рівняння (5.3) маємо

$$\Delta T = \frac{\delta \Pi / \delta S}{\delta \Pi / \delta T} \Delta S.\tag{5.4}$$

У випадку погіршення стану водного середовища ( $\Delta S < 0$ ) для компенсації збитку потрібні додаткові трудові затрати, що приведе до зниження продуктивності праці. Собівартість продукції після зниження стану середовища і часткової компенсації нанесеного збитку збільшенням праці записано у вигляді

$$\Delta C = \left( \frac{\delta C}{\delta S} - \frac{\delta \Pi / \delta S}{\delta \Pi / \delta T} \frac{\delta C}{\delta T} \right) \Delta S.\tag{5.5}$$

З урахуванням знаків похідних на основі аналізу виразу (5.5) одержимо висновок – погіршення стану водного середовища, при відсутності додаткових капітальних внесків призводить до збільшення собівартості продукції.

Другий варіант при  $\Delta T = 0$ . Часткова компенсація збитку виробництва через зміну середовища відбувається за рахунок збільшення капітальних внесків.

Із рівняння (5.3) отримуємо

$$\Delta K = -\frac{\delta\Pi/\delta S}{\delta\Pi/\delta K}\Delta S. \quad (5.6)$$

При погіршенні стану середовища для компенсації збитків необхідне зростання капітальних внесків. Ефективність капітальних внесків падає  $\Pi/(K + \Delta K) < \Pi/K$ .

Зміна собівартості  $\Delta C$  записується у вигляді

$$\Delta C = \left( \frac{\delta C}{\delta S} - \frac{\delta\Pi/\delta S}{\delta\Pi/\delta K} \frac{\delta C}{\delta K} \right) \Delta S. \quad (5.7)$$

Погіршення стану водного середовища в даному випадку при відсутності додаткових трудових витрат не обов'язково приводить до зменшення собівартості виробництва. У випадку, коли

$$\frac{\delta\Pi/\delta K}{\delta C/\delta K} > \frac{\delta\Pi/\delta S}{\delta C/\delta S}, \quad (5.8)$$

погіршення стану середовища супроводжується зниженням собівартості продукції за рахунок капітальних внесків. Зміна стану середовища приводить в результаті до зміни прибутку підприємства, що визначає ефективність капітальних внесків в освоєння водного середовища. Оцінка ефективності заходів по виробництву водного середовища повинна проводитися на основі розрахунків абсолютної ефективності капітальних внесків порівнянням із прибутком господарства регіону до та після проведення заходів з урахуванням усіх затрат, необхідних для пристосування окремих підприємств до зміненого стану водного середовища.

## **6. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІЗНОМАНІТНИХ ГАЛУЗЕЙ УКРАЇНИ**

### **6.1 Сільське та міське господарство**

Сільське господарство – одна із найважливіших галузей матеріального виробництва України, яка займає друге місце після промисловості у валовому загально державному продукті і створює близько 30-35% національного доходу держави. Гідрометеорологічне забезпечення сільського і лісового господарства, як правило, потребує великих матеріальних коштів, так за даними [24, 38] гідрометеорологічні служби деяких країн СНГ витрачають для цього до 50% їх річного бюджету.

Специфіка сільського господарства в наступному:

1. Сільськогосподарські культури на всіх фазах розвитку постійно знаходяться під впливом природних факторів.
2. Сільськогосподарські роботи носять ярко виражений сезонний характер, виконуються на відкритому повітрі і залежать від погодних умов.
3. Сільськогосподарські культури займають великі площі, що затрудняє або робить не ефективними заходи щодо сільськогосподарських культур від несприятливих умов погоди.

В зв'язку із викладеним в сільському господарстві збитки через гідрометеорологічні причини більші, ніж в інших галузях народного господарства. Причина підвищеної зацікавленості робітників сільського господарства у інформації про погоду та водність в природній залежності сільськогосподарського виробництва продуктів харчування і технічної сировини від природних факторів.

Досить важко розділити метеорологічне та гідрологічне обслуговування галузі, наприклад, в питаннях оцінки прогнозу змін водного балансу земельних масивів. Нормативна і режимна гідрологічна інформація при освоєнні нових сільськогосподарських угідь, оперативні відомості про стан водних об'єктів – джерел зрошення і поливу, водоприймачів при виконанні робіт з осушування земельних масивів, гідрологічні прогнози затоплення сільськогосподарських угідь, попереднє обчислення водності

річок на вегетаційний період – типові відомості для забезпечення потреб сільського господарства України.

Гідролого-економічний аналіз результатів сільськогосподарського виробництва, як правило, спрощується коли добре досліджений стан водних об'єктів. Крім того є об'єктивні економічні показники успішності роботи галузі – урожай, продуктивність тваринництва і інше.

Наприклад, гідрологічний прогноз про такі стихійні гідрологічні явища, як дощові паводки дозволяє завчасно звільнити водосховище, використовуючи цю воду для поливання, та підготувати водосховище до приймання великих об'ємів дощової води. Довгострокові прогнози елементів весняної повені (гідрографу повені, термін затоплення долин і інше) дозволяє виконати комплекс робіт, що підвищують продуктивність долинних сільськогосподарських угідь.

Літакові або супутникові гамма-знімки снігового покриття є великим практичним інтересом при оцінці стану зимуючих культур, в той же час запаси води в сніговому покриві – один з основних показників очікуваної повені.

В районах зрошуваного землеробства проводяться спостереження і попередні обчислювання вологості ґрунту, висоти відстою ґрунтових вод. Для цих районів, які відносяться до зони недостатнього зволоження, складаються гідрологічні прогнози водності річок або запасів води у водосховищах (озерах) в період літньо-осінньої межені.

Засоленість ґрунтів на поливних землях, особливо в південних районах України, привело до необхідності проведення водно-балансових досліджень. В ряді випадків знайдена недостатня підстава норм, строків та методики поливу, а в ряді випадків виявлення джерела поливу використовувались водні об'єкти, які мають недопустиму для даного типу ґрунтів кількісну та якісну мінералізацію води. На основі наведених прикладів використання гідрологічної інформації в забезпеченні сільського господарства можна говорити про економічну ефективність гідрологічних і гідрохімічних прогнозів, обмежуючи період дії економічних показників визначеними часовими рамками або станом сільськогосподарських угідь.

Економічний ефект від гідрометеорологічного забезпечення сільського господарства може складатися із заходів довгочасного характеру (агromетеорологічне заснування раціонального розміщення сільськогосподарських культур, меліоративних заходів, розміщення матеріальних ресурсів і т.д.) та діючого оперативного обслуговування.

Слід відрізняти: а) потенціальну (можливу) і б) фактичну (досягнуту) економічну ефективність гідрометеорологічного забезпечення. Потенціальна економічна ефективність є оцінкою очікуваних (можливих) доходів від ще не реалізованої або не повністю реалізованої інформації. Її підрахунок важливий для оцінки можливої ефективності обслуговування, оцінки конкретних методів інформації. Фактична економічна ефективність підраховується за досягнутими результатами обслуговування. Вона обчислюється, як різниця між надбавкою продукції сільського господарства, отриманої в результаті використання гідрометеорологічної інформації і вартістю цієї інформації.

Лісове господарство, на перший погляд, залежить виключно від метеорологічних факторів, які визначають головну небезпеку для галузі – лісові пожежі. Однак різноманітні види гідрологічної інформації мають для лісового господарства особливу цінність при плануванні закладки лісів (тим більше, що в окремих регіонах України площі щорічно закладених нових лісів перевищують площі лісосмуг), оцінки впливу річних опадів виробництва (добування корисних копалин, прокладення доріг, трубопроводів й ін.), які суттєво порушують природний режим поверхневих і підземних вод, впливаючи на стан лісових масивів. Впливають на ліса та водотоки, особливо в прибережній зоні, де спостерігається підвищення рівнів ґрунтових вод, підтоплення знижених ділянок і загальна зміна водного балансу території.

Генеральні і локальні згоди передбачають різноманітні форми гідрометеорологічного забезпечення лісового господарства, а оперативно-прогностичні підрозділи гідрометеорологічної служби України беруть участь в плануванні та забезпеченні метеорологічної і гідрологічної інформації основних заходів, які проводяться управліннями лісового господарства.

Однак найбільшої втрати лісам завдають пожежі. Виникнення лісової пожежі в значній мірі залежить від метеорологічних умов. Пожежа розповсюджується тим швидше, чим вища температура повітря і нижче відносна вологість і чим більша швидкість вітру. В літні місяці при довгочасних антициклоніальних періодах лісова рослинність досягає значної сухості, яка може бути критичним фактором, який сприяє виникненню лісової пожежі. Для оцінки ймовірності виникнення пожеж в лісовому масиві при відповідних гідрометеорологічних умовах вводиться поняття “горіння лісу”, який визначається за формулою Несторова В.Г. [39, 46]



$$G = \sum_{i=1}^n T \cdot d, \quad (6.1)$$

де  $G$  – показник горіння;  $T$  – температура повітря о 13.00 годині;  $d$  – дефіцит пружності;  $n$  – число сухих днів (дні з опадами менше 2.5 мм вважаються, як дні без опадів).

Замість параметра  $d$  у формулі (3.1) можна скористатися дефіцитом точки роси  $T-T_d$ . Для практичної зручності при складанні прогнозу горіння використовують шкалу горіння лісу (табл. 3.1). Необхідно підкреслити, що горіння IV і V класів внесено до списку небезпечних явищ.

Таблиця 6.1 - Шкала горіння лісу [39,46]

Клас горіння	Горіння	Показник горіння
I	Відсутнє або мале	0-300
II	Середнє	301-1000
III	Високе	1001-4000
IV	Особливо небезпечне	4001-10000
V	Надзвичайне	>10000

## 6.2 Водний транспорт

Специфіка виробничої діяльності водного транспорту складається із наступних особливостей:

1. Робота річкового транспорту протягом навігації проходить на відкритому повітрі і залежить від умов погоди та стану водного об'єкта.

2. Відносно малі швидкості і недостатнє маневрування суден (на річках, фарватерах, у звуженнях між островами і т.п.) утруднюють роботу річкового флоту, особливо при несприятливих погодних умовах або складних гідрологічних обставинах.

3. Річковий транспорт виконує вантажні перевезення за складними маршрутами. Це дає можливість прогнозісту достатньо досконало вивчити

характер вантажних перевезень, специфіку перевезень, час, необхідний для проходження даної ділянки водяного шляху суднами різних типів.

Гідрологія традиційно розглядає обслуговування водного транспорту однією із першорядних задач. Як і енергетика, водний транспорт, потребує різноманітної інформації для забезпечення судноплавства, на великих озерах, водосховищах та морях. Із елементів гідрологічного режиму на внутрішніх водних шляхах країни найбільшу зацікавленість викликає оперативна інформація про рівень водного об'єкта, різкі зміни водності, інформація про руслові процеси, льодовий стан, а також прогнози цих явищ.

Відомості про рівень води на ділянках, де обмежено судноплавство, особливу цінність при швидкій зміні відміток в зв'язку із змінно-нагінними явищами (гирлові ділянки річок) або поблизу гідротехнічних споруд (ГЕС та інших). На основі такої інформації можна оптимізувати тактику ведення перевезень: наприклад, ілюстрацією залежності показників роботи річкового транспорту від водності об'єкта можуть служити такі показники:

1. Вантажні перевезення, які здійснюються в середній і верхній течії річки Іртиш, рентабельні лише при витратах води в створі Усть-Кам'яногірської ГЕС, яка перевищує  $500 \text{ м}^3/\text{с}$ .

2. Внаслідок зменшення стоку річки Уралу з липня по вересень 1985 року собівартість транспортування вантажів виросла більше ніж в 3.8 рази.

Гідрологічні прогнози визначають передумови отримання допоміжної корисності. В залежності від завчасності прогнозів і структури прогностичних схем як базового варіанта з оцінкою беруться середні або багаторічні дані (у випадку довгострокового прогнозування), чи інерційний прогноз. Наприклад, очікуваний об'єм весняного припливу у водосховище, яке має водотранспортне значення, доцільно співставити із нормою припливу, а попереднє обчислення рівнів на добу (пентаду або декаду) в умовах спаду повені і періоду сталої межені доцільніше порівнювати із станом водного об'єкта в той час, коли випускали прогноз, передчасно виправивши ці позначки на норму зміни рівнів за період передчасного прогнозу.

Оперативна аерокосмічна або супутникова інформація про льодовий стан на великій ділянці судноплавних річок, значних за розмірами площі озер та морських акваторій в екстремальних ситуаціях приводить до господарських рішень з великою користю. Найбільша цінність цього виду гідрометеорологічної інформації на річкових трасах проявляється в періоди

завершення навігації і повернення суден до місць зимування. Виправданість довгострокового передбачення строків льодових явищ порівняно невисока, тому основний економічний ефект дають короткочасні прогнози, із яких найбільш надійними стали метод попереднього обчислення дат появи льоду (за Л.Г. Шуляковським) та прогноз дат льодових явищ на основі фізико-статистичних залежностей [2, 3, 23].

Функції втрат при використанні прогнозів дат льодових явищ асиметричні та не відповідають умовам відмінності (показник втрат не залежить від аномалії фактичного значення гідрологічного явища або процесу). Економічний ефект залежить від завчасного прогнозу, складу флоту, інтенсивності процесів формування льодового покриву (явищ) в даному районі (ділянці), а також ряду інших факторів.

### 6.3 Енергетика

Основна частина використовуваної на Україні електроенергії виробляється тепловими (ТЕС), гідравлічними (ГЕС) та атомними електростанціями. Вибір нормативних гідрометеорологічних параметрів пов'язаний з особливостями об'єкта, який будується. Так, тепла енергетика потребує даних про температуру повітря, хмарність, швидкість та напрямок вітру для оптимізації режимів роботи систем регулювання потреб тепла споживачем.

До особливо небезпечних для енергетики метеорологічних явищ погоди відносяться:

1. Грози будь-якої інтенсивності і тривалості.
2. Вітер із середньою швидкістю 30 м/с та більшою.
3. Відкладення льоду на проводах ЛЕП діаметром 20 мм і більше, мокрого снігу або складного відкладення льоду діаметром 35 мм і більше.
4. Дощі 50 мм і більше за 12 годин і менше (зливові – 300 мм і більше за 1 годину).
5. Різні зміни температури (на 10 °С і більше).
6. Довгочасні морози (-30 °С і нижче) і довгочасна спека (+30 °С і вище).

“Чисто гідрологічна” інформація зводиться до оперативних матеріалів про температуру води (для забезпечення роботи систем охолодження), рівнях

і втрати води джерела водопостачання ТЕС. В перехідні періоди гідрологічного року набуває важливості інформація про льодовий стан водного об'єкта: наявність шуги, плаваючого льоду, дрейфу озерного льоду і інше. В деяких районах підстанції, а також інші споруди, знаходяться в низькій місцевості (гирло або заплава річки, низовини та ін.) і можуть підтоплятися при нагінних або паводкових явищах. Прогнози рівня води водоймищ, розміщених поблизу, дозволяють передбачити необхідні захисні заходи.

Основна сфера діяльності гідрологів при обслуговуванні енергетики – забезпечення гідрологічною інформацією всього комплексу робіт по проектуванню, будівництву і експлуатації ГЕС.

Розрахунки економічної ефективності нормативної інформації при гідрологічному обґрунтуванні проектів достатньо громіздкий, але не без методичних труднощів, оскільки в основному визначається в межах простих схем (4.17)-(4.20). Практичні розрахунки економічної ефективності шляхом порівняння базового і оптимального “паунків” гідрометеорологічної інформації не використовуються тому, що відомо, що звірені нормативні дані багаторазово окупають витрати на їх отримання. Як приклад можна навести відомості [16] про оцінку економічного ефекту прогностичної інформації під час створення проекту Каховської ГЕС. Аналіз виправданості і передчасності прогнозів притоку в Каховське водосховище дозволив суттєво скоротити фронт водопропускних створів, і отже, зменшити капіталовнесення.

На практиці гідрологічні прогнози використовуються в енергетиці для оптимізації режимів регулювання стоку і планування вироблення електроенергетики. Запобіжні заходи, які включають захист дамби, греблі і інших гідротехнічних споруд від зруйнування, також потребують прогностичної інформації, але запас міцності ГЕС такий, що вплив даного аспекту суттєвий в процесі будівництва; при перекритті русел, відведенні річок і т.д.

Оцінку економічного ефекту прогнозів притоку у водосховища багаторічного регулювання доцільно розпочинати із аналізу гідролого-економічної ситуації в багатоводні сезони [38]. Інтерес викликає прогноз обсягу притоку в цілому за період передчасності без деталізації розподілу притоку за цей період. Дані обставини суттєво спрощує визначення функції втрат  $R(y, l)$ .

Для підвищення ефективності експлуатації водосховищ сезонного регулювання, крім прогнозів об'єму притоку на багатоводний період

гідрологічного року, необхідні відомості про очікуваний гідрограф (як мінімум, інформація про дати початку повені). Це важливо при наявності невеликого об'єму водосховища, коли головна мета експлуатації за період заповнення водосховища складається із збільшення строків роботи ГЕС з максимальними напорами при скороченні до мінімуму холостих викидів. Добове та декадне регулювання стоку не дозволяє в повній мірі використовувати довгочасні гідрологічні прогнози з метою експлуатації. Основна цінність місячних і кварталних прогнозів в цьому випадку складаються із можливості більш надійного планування вироблення електроенергії.

Вивчення методів оцінки економічної ефективності використання прогностичної інформації в енергетиці приводить до висновку про те, що оперативні підрозділи гідрометслужби досить часто зводять цю оцінку до підрахунку економічного ефекту одиничного прогнозу, особливо у випадку передбачення різко аномальних (особливо небезпечних) явищ. Як економічний ефект береться різниця втрат:

$$\Delta R_{y_{сер}, y} = R_{y_h, y_{сер}} - R_{y_h, y'}, \quad (6.2)$$

де  $R_{y_h, y_{сер}}$  – втрати при орієнтуванні на норму, тобто при розв'язанні  $l = y_{сер}$  і фактично здійсненому явищі  $y_h$

$$R_{y_h, y_{сер}} = \theta y_h - \theta y_h, y_{сер}, \quad (6.3)$$

а  $R_{y_h, y'}$  – теж саме при повній довірі до прогнозу, тобто  $l = y'$

$$R_{y_h, y_{сер}} = \theta y_h - \theta y_h, y'_{сер}, \quad (6.4)$$

$\theta y_h, \theta y_h, y_{сер}, \theta y_h, y'$  аналогічно із виразом (6.1) – вироблення електроенергії, відповідно при “абсолютно точно” відомому притоку  $Y_y$  при виборі типового середньо багаторічного режиму регулювання і при коректуванні цього режиму з урахуванням прогнозу  $y'$ .

Дійсно ж утрати  $R_{y_h, y_{сер}}, R_{y_h, y'}$  неповно оцінюють кон'юнктуру ситуацію за період передчасності конкретного гідрологічного прогнозу та економічної ефективності методу прогнозування.

Причини цього в наступному: не завжди споживач використовує як рішення стратегію повного довір'я прогнозу  $l = y$  або додержується середнього багаторічного графіку притоку. Особливо у відповідальних випадках, експлуатаційник повинен враховувати при відсутності прогнозів можливість здійснення різко аномальних гідрометеорологічних явищ ( $y = y_{\min}$ ,  $y = y_{\max}$ ) та вживати відповідних запобіжних заходів, які тягнуть за собою невиправні втрати. При наявності прогнозів діапазон варіації  $Y$  біля значення  $y'$  на період завчасності прогнозування тим менше, ніж вище виправданість прогнозів. В конкретних ситуаціях здійснення багаторічного мінімуму  $y_{\min}$  або  $y_{\max}$  можна виключити, тобто, уникнути дорогих заходів.

Ігнорування ймовірної сутності прогнозування в розрахунках, обмежених схемами (6.2) - (6.4) приводить до абсурдного висновку про марність прогнозування норми, тобто неефективність прогнозів  $y' = \bar{y}$ .

Оцінка корисності одиничних прогнозів дає лише інформацію на створення матриці втрат  $R = //R_y//$  або для визначення функції  $R(y, l)$  не описуючи явища в цілому.

На завершення розглянемо питання оцінки економічної ефективності прогнозів гідрографа притоку у водосховища сезонного регулювання на багатоводний період. Як приклад дається інформація [4].

Розрахунок виконаний для другого кварталу (квітень-червень), який в багатьох випадках найбільш важливий період в річному гідрологічному циклі, який відповідає фазі наповнення водосховища.

Наближений опис гідрологічного процесу, допустимий для оцінки економічних розрахунків, дозволяє задати гідрограф на другий квартал ( $\Gamma$ ) за двома параметрами [7, 38]:

1. Середньоквартальною витратою  $Q = \frac{Q_{IY} + Q_Y + Q_{YI}}{3}$  ;

2. Коефіцієнтом форми гідрографа  $K_\phi = \frac{6,25Q_{IY} + 2,25Q_Y + 0,25Q_{YI}}{Q_{IY} + Q_Y + Q_{YI}}$  ,

де  $Q_{IY}$ ,  $Q_Y$ ,  $Q_{YI}$  – середньомісячні витрати припливу води.

Як “приплив” в даному випадку розглядається корисний приплив, тобто, кількість води, яка надходить у водосховище із урахуванням усіх видів втрат (на випаровування, відтік у водоносні горизонти берегової зони водозабір і інше). Функція втрат  $R(\Gamma, l)$  наведена в матричній формі.

Таблиця 6.2 - Матриця втрат вироблення електроенергії  $R_{k_Q, j_Q}$  при  $k_{k\phi}, j_{k\phi}$  використанні інформації про гідрограф притоку води у водосховище

$Q_k$	$K_{k\phi}$	$Q_1$			....	$Q_b$		
		$K_{k\phi 1}$	....	$K_{k\phi b'}$	....	$K_{k\phi 1}$	....	$K_{k\phi b'}$
$Q_1$	$K_{k\phi 1}$	$R_{11/11}$	....	$R_{11/1b'}$	....	$R_{1b/11}$	....	$R_{1b/1b'}$
	....	....	....	....	....	....	....	....
	$K_{k\phi c}$	$R_{11/c1}$	....	$R_{11/cb'}$	....	$R_{1b/c1}$	....	$R_{1b/cb'}$
....	....	....	....	....	....	....	....	....
$Q_c$	$K_{k\phi 1}$	$R_{c1/11}$	....	$R_{c1/1b'}$	....	$R_{cb/11}$	....	$R_{cb/1b'}$
	....	....	....	....	....	....	....	....
	$K_{k\phi c}$	$R_{c1/c1}$	....	$R_{c1/cb'}$	....	$R_{cb/c1}$	....	$R_{cb/cb'}$

В табл.6.2 багаторічні діапазони зміни втрати води  $Q$  і коефіцієнта форми гідрографа  $K_{k\phi}$  розбиваються, відповідно на  $b$  інтервалів  $j_Q$  і  $b'$  інтервалів  $j_{k\phi}$ , шкали рішень відносно  $Q$  та  $K_{k\phi}$  включають  $c$  інтервалів  $K_Q$  і  $c'$  інтервалів  $K_{k\phi}$ .

Матриця умовних ймовірностей будується за табл.3.3  $p = \left\| p(y_j \pm \Delta y) \middle| y'_i \right\|$ . В чисельнику і знаменнику індексу при значенні умовної ймовірності  $p$  дані очікувані і реалізовані інтервали середніх квартальних втрат  $i_Q$  та  $j_Q$  і коефіцієнта форми  $i_{k\phi}, j_{k\phi}$ . Матриця безумовних (багаторічних) ймовірностей  $p = \left\| p(y_j \pm \Delta y) \middle| y'_i \right\|$  трансформується в табл.6.3.

Розрахунок середніх втрат  $R_{сер}(y'_i, l_k)$  та  $R_{сер}(l_k)$  відбувається аналогічно за стандартними схемами [4]. середньоквадратичні втрати вироблення електроенергії при прогнозі гідрографа  $\Gamma'_{i_Q i_{k\phi}}$  і рішення  $l_{k_Q k_{k\phi}}$  складають

$$\begin{aligned}
 R_{сер}(\Gamma'_{iQ_{ik\phi}}, l_{kQ_{kk\phi}}) &= \\
 &= \sum_{j_Q} \sum_{j_{k\phi}} p((Q_{i_Q} \pm \Delta Q) | Q'_{i_Q} \cdot p(k\phi_j \pm \Delta k\phi) | k\phi'_i, Q'_{i_Q}, Q_{j_Q}) \times \quad (6.5) \\
 &\quad \times R_{\Gamma_{j_Q j_{k\phi}, L_{kQ_{kk\phi}}} = \sum_{j_Q} \sum_{j_{k\phi}} P_{i_{k\phi} j_Q} \cdot R_{k_{k\phi} j_Q}
 \end{aligned}$$

Таблиця 6.3 - Матриця умовних ймовірностей здійснення очікуваного гідрографа:

$$\begin{aligned}
 p(\Gamma_{j_Q j_{k\phi}} | \Gamma'_{i_Q i_{k\phi}}) &= p((Q_{j_Q} \pm \Delta Q) | Q'_{i_Q}) \times \\
 &\times (p((k\phi_j \pm \Delta k\phi) | k\phi'_i, Q_{i_Q}, Q_{j_Q}) = P_{i_{k\phi} j_Q}
 \end{aligned}$$

$Q_k$	$K_{k\phi}$	$Q_1$			....	$Q_b$		
		$K_{k\phi 1}$	....	$K_{k\phi b'}$	....	$K_{k\phi 1}$	....	$K_{k\phi b'}$
$Q_1$	$K_{k\phi 1}$	$R_{11/11}$	....	$R_{11/1b'}$	....	$R_{1b/11}$	....	$R_{1b/1b'}$
	....	....	....	....	....	....	....	....
	$K_{k\phi e}$	$R_{11/c1}$	....	$R_{11/eb'}$	....	$R_{1b/e1}$	....	$R_{1b/eb'}$
....	....	....	....	....	....	....	....	
$Q_c$	$K_{k\phi 1}$	$R_{e1/11}$	....	$R_{e1/1b'}$	....	$R_{eb/11}$	....	$R_{eb/1b'}$
	....	....	....	....	....	....	....	....
	$K_{k\phi c}$	$R_{e1/e1}$	....	$R_{e1/eb'}$	....	$R_{eb/e1}$	....	$R_{eb/eb'}$

Продовження табл.6.3 - Матриця безумовних ймовірностей здійснення гідрографа припливу у водосховище

$$p(\Gamma_{j_Q j_{k\phi}}) = p(Q_{j_Q} \pm \Delta Q) p((k\phi_j \pm \Delta k\phi) | Q_{j_Q}) = p'_{j_Q, j_{k\phi}}$$

$Q_{j_Q}$	$Q_1$			....	$Q_b$		
	$k\phi_j$	$k\phi_1$	....	$k\phi_{b'}$	....	$k\phi_1$	....
$p(\Gamma_{j_Q j_{k\phi}})$	$p'_{11}$	....	$p'_{1b'}$	....	$p'_{b1}$	....	$p'_{bb'}$



Повна економічна ефективність методу прогнозування гідрографа розраховується згідно з (1.11) і (3.5) за виразом

$$R_{сер Q, \Gamma'} = \min_{\langle 1 \rangle} \sum_{i_Q} \sum_{i_{kf}} \sum_{j_Q} \sum_{j_{kf}} P_{i_Q i_{kf}} \cdot P_{i_{kf} \frac{Q}{j_Q} \frac{Q}{j_{kf}}} \cdot R_{k_{kf} \frac{Q}{j_Q} \frac{Q}{j_{kf}}} \cdot (6.6)$$

Середньостатистичні втрати вироблення електроенергії при оптимальному використанні багаторічної інформації про гідрограф притоку обчислюється аналогічно [4]

$$R_{сер}(l) = \min_{\langle 1 \rangle} \sum_{j_Q} \sum_{j_{kf}} P'_{j_Q j_{kf}} \cdot R_{k_{kf} \frac{Q}{j_Q} \frac{Q}{j_{kf}}}, (6.7)$$

де  $K_Q$   $K_\phi$  – конкретні рішення  $l_k$  відносно об'єму і форми гідрографа.

Економічний ефект застосування прогностичного методу залежить від характеру попередніх виробничих втрат та оцінюються за формулами типу (4.13), наприклад

$$E_z = \beta [R_{сер}(l_0) - R_{0, \Gamma'}] - Z_{nn}. (6.8)$$

#### 6.4 Залізничний та автомобільний транспорт

Залізничний і автомобільний транспорт, як і інші галузі народного господарства, мають свою специфіку роботи, з чим і пов'язані особливості впливу на нього погодних умов. Експлуатація великої мережі доріг пов'язана із подоланням багатьох труднощів, в тому числі і гідрометеорологічного характеру.

Розмиття річок шкодить насипам, шляховим полотнам, місткам та іншим гідрологічним спорудам, снігові лавини перегороджують рух в горах, а ожеледиця призводить до суттєвих ускладнень в експлуатації залізничного обладнання та технічного парку. Залежність стану залізничних та автомобільних доріг від гідрометеорологічних умов, навіть, при відсутності яких-небудь аномальних (СГЯ) природних явищ, можна ілюструвати таким прикладом. Кожна пліть безстиківих рельсів мають довжину 800 метрів. В багатьох регіонах країн СНД (в тому числі і на Україні) річний діапазон

коливання температури рейок перевищує 10°C (в сонячну погоду температура рейок перевищує на 15-20 °C температуру повітря). В результаті довжина пліті суттєво змінюється протягом року. Для кожної пліті є комплекс зрівнюючих рельсів; найбільш довгі рейки цього комплексу (12 м - 50см) використовують взимку, найкоротші (12 м-38 см) – влітку.

Розірвання рейок в сильні морози, “викидання ” в спеку утруднюють рух залізничного транспорту, що в свою чергу зумовлює матеріальні втрати галузі. Оперативне гідрометеорологічне забезпечення залізничного і автомобільного транспорту складається із:

- а) інформації про поточний стан водних об'єктів і погоди;
- б) штормових попереджень (особливо при хуртовині);
- в) прогнозів погоди (стан водного об'єкта) на дату, три доби, період та місяць;
- г) гідрометеорологічних бюлетенів по району обслуговування, різноманітних довідок та консультацій.

Необхідно відмітити, що особливу небезпеку для роботи усіх видів транспорту несуть хуртовини, які супроводжуються снігом та сильним вітром (загальна хуртовина).

Рух потягів без всіляких труднощів відбувається при наявності на коліях м'якого снігу висотою від подошви рейок не більше 30 см. Однак після кожної хуртовини на залізничних коліях знаходиться велика кількість снігу, який перешкоджає руху потягів. До числа «виключно гідрологічних» особливо небезпечних явищ відносяться, в першу чергу, різке підвищення рівнів води, в зв'язку із проходженням дощових зливів, повені і т.п. Катастрофічне підняття рівнів води до визначних критичних позначок призводить до затоплення різних споруд та обладнання, які забезпечують нормальну роботу залізничного і автомобільного транспорту, а в ряді випадків призводить до зруйнування насипів, мостів, водопропускних споруд. Значною мірою ускладнюється робота транспорту в гірських районах, внаслідок виникнення ряду небезпечних явищ.

Так, деякі ділянки залізничних і шосейних доріг через особливості топографії місцевості є снігозаносними, сильні дощі можуть спричинити розмивання шляху, а сильні вітри - обвали гірських порід на залізничне полотно або автомобільну трасу. На деяких ділянках залізничних та шосейних доріг відмічається сходження снігових лавин. Особливо небезпечними є селеві потоки, вони спричиняють значні пошкодження магістральних шляхів на ділянках, розміщених біля гірських річок. Все це

потребує спеціального гідрометеорологічного забезпечення, а також активної дії з метою штучного сходу лавин.

Відповідно із розробками Монахова І.К., Петрової А.А. і Циркунова В.С. [39, 41] в табл. 6.4 наведені характеристика основних небезпечних і особливо небезпечних явищ погоди для залізничного та автомобільного транспорту.

## 6.5 Рибне господарство

Розвиток рибного господарства, підвищення продуктивності річок, озер та ставків здійснюється на основі надійної нормативної інформації про режим водних об'єктів, їх гідрологічних особливостей. Отримання повного комплексу такої інформації складна задача. Так, при створенні водосховищ деякі характеристики можуть бути визначені лише розрахунковим шляхом або аналогічно із існуючими водоймищами.

Необхідно підкреслити, що інтерес даної галузі береться до уваги уже на стадії проектування гідротехнічних споруд. Позначка нормального підпірного рівня вибирається із урахуванням, для рибників, площі мілководдя (літораль), а рівень мертвого об'єму повинен забезпечувати достатній «життєвий простір» для зимування риби, при цьому набирає особливого значення інформація про льодовий режим водоймищ (товщина льодового накриття, термін льодоставу) і хімічний склад води в зимовий період (вміст кисню у воді).

Потреби рибного господарства накладають визначні обмеження на режим регулювання стоку гідровузлом. Наприклад, весняний розпуск повинен бути достатньо потужним і довготривалим.

Гідрологічне забезпечення риборозведення в штучних ставках, крім перерахованих відомостей, складається із воднобалансової і теплобалансової інформації, яка дозволяє створювати найбільш сприятливі умови для виживання та росту товарної риби.

На крупних акваторіях гідрометеорологічне забезпечення рибаків включає до себе (перш за все) прогнози вітру і хвилювання.

При спрацюванні водосховищ до низьких горизонтів в ряді випадків набувають важливості дані про рівень води, який визначає глибини біля

Таблиця 6.4 - Характеристика небезпечних та особливо небезпечних явищ погоди для залізничного і автомобільного транспорту

Метеорологічне явище	Категорія безпеки*	Кількісні характеристики	Примітки
Снігопад (слабкий вітер)	НЯ НЯ СГЯ	5-9 мм за добу 10-19 мм за добу Більше 20 мм за добу	Є загроза для великих станцій та вузлів
Мокрий сніг	НЯ НЯ СГЯ	3-7 мм за добу 7-14 мм за добу Більше 15 мм за добу	Розрив контактної мережі. Перепалювання устаткування. Зрив стрілков перемикачів.
Мокрий сніг із зниженням температури повітря	СГЯ	7 мм та більше	Небезпечний для всіх категорій станцій, вузлів, доріг.
Хуртовини	НЯ  НЯ  СГЯ	3 год, вітер 10 м/с  3-12 год, вітер 10-14 м/с  12 год і більше, вітер 15 м/с і більше	Значні матеріальні втрати для очищення стрілков перемикачів. Небезпека для всіх категорій станцій та вузлів. Можливе повне паралізування всіх видів транспорту
Ожеледь, мряка	НЯ  НЯ  СГЯ	Ожеледь 5 мм, мряка 20 мм Ожеледь 16-19 мм, мряка 20 мм Ожеледь 20 мм і більше, мряка 50 мм і більше	Порушена робота засобів зв'язку. Перепалювання устаткування. Зрив проводів, зупинка руху всіх видів транспорту.
Морози	НЯ	-25°C і нижче	
Жара	НЯ	+25°C і вище	
Значний вітер	НЯ	15 м/с і більше	
Дощі	НЯ	30 м	Виплиски на рельсах і сповзання ґрунту.
Зливи	СГЯ	50 мм і більше	Руйнування інженерних споруд, розмивання доріг.

\* „категорія безпеки” наведена відповідно до [39, 41].

причалів. Часто в цю інформацію вносять суттєві порушення різного роду денівеляції рівнів, на мілководних водоймищах різного типу – це згінно-нагінні явища.

Інформація про терміку водоймищ – про розподіл температури на поверхні озерних і морських акваторій, є основою для пошуку районів виловів риби.

Гідрометеорологічне забезпечення підльодового виловлювання включає весь комплекс гідрометеорологічної інформації про стан водного об'єкта (характеристика припаю, товщина та пружність льоду, наявність розколин і води на льоду, напрямок і швидкість вітру, ймовірність зламвання припаю та інше). Крім того, достатньо важна додаткова гідрометеорологічна інформація, яка включає дані про температурний та гідрохімічний режим водоймища, розподіл зазначених показників по глибинам та акваторії.

Оцінку корисності роботи мілкотонажного риболовного флоту на озері, водосховищі або морській затоці можна виконати за такою схемою. Прибуток від реалізації риби розраховується за формулою

$$\theta = \gamma \sum_{e=1}^{e=n} C_e D_e, \quad (6.9)$$

де  $C_e$  – закупочна вартість конкретного  $e$ -го продукту промислу;  $D_e$  – об'єм здобичі в тонах;  $\gamma$  – частка сумарної вартості продукту, який складає чистий прибуток.

Затрати на вплив та реалізацію продукції, згідно [38], приблизно дорівнює 50% її вартості, а значить,  $\gamma = 0,50$ .

Простій суден через штормову погоду або через неправильні попередження про сильний вітер і хвилювання зменшують корисність  $\theta$  на величину

$$F_C = \sum_{m=1}^{m=l} \sum_{t=1}^{t=T} N_C G_m N_{mt}, \quad (6.10)$$

де  $T$  – число днів простою;  $N_c$  – вартість утримання судна за добу, відповідно до тони вантажопідйомності [12];  $G$  і  $N$  – відповідно, тоннаж та кількість суден  $m$ -го типу;  $l$  – число типів суден.

Аварія судна  $m$ -го типу, а тим більше, катастрофа є збитками  $F_{a,m}$  і  $F_{z,m}$ . Збиток  $F_{a,m}$  включає втрату палива в штормовому рейсі, втрату снастей і інше;  $F_{z,m}$  – збиток в результаті загибелі судна  $m$ -го типу. реальна користь експлуатації риболовного флоту за розглянутий період (добу, місяць, квартал, сезон навігації, рік) з використанням штормових попереджень оцінюється величиною [39,46]

$$\theta_{y'1}^* = \theta_{y'1} - F_{cy'1} - \sum_{m=1}^{m=1} (F_{amy'1} + F_{rmy'1}), \quad (6.11)$$

де  $\theta_{y'1}$  та  $F_{cy'1}$  – прибуток від реалізації продукції і збиток від простою при орієнтуванні на прогнози погоди;  $F_{amy'1}$  та  $F_{rmy'1}$  – втрати в результаті аварії та загибелі суден  $m$ -го типу при безуспішних прогнозах, або у випадку занадто запізнених штормових попереджень.

Базовим варіантом може служити оцінка економічної діяльності за принципом роботи «по погоді» (орієнтація на інерційний прогноз  $Y^\wedge$ ). Корисність такої стратегії складається:

$$\theta_{y^\wedge 1}^* = \theta_{y^\wedge 1} - F_{cy^\wedge 1} - \sum_{m=1}^{m=1} (F_{amy^\wedge 1} + F_{rmy^\wedge 1}). \quad (6.12)$$

Порівняємо  $\theta_{y'1}^*$  та  $\theta_{y^\wedge 1}^*$ . В зв'язку з більш частими виходами на вилов не виключено, що здобуток риби, при роботі «за фактичною погодою» буде що більший (тобто можливо, що  $\theta_{y^\wedge 1} \geq \theta_{y'1}$ ). Врахування штормових попереджень може трохи збільшити збитки від простоїв ( $F_{cy'1} \geq F_{cy^\wedge 1}$ ).

Важливими факторами на користь запропонованим рекомендаціям гідрометеорологів є різке зменшення найбільш великого джерела втрат, а саме збитку від аварії та загибелі суден, тобто

$$\sum_{m=1}^{m=1} (\bar{F}_{amy'1} + \bar{F}_{rmy'1}) = \sum_{m=1}^{m=1} (\bar{F}_{amy^\wedge 1} + \bar{F}_{rmy^\wedge 1}), \quad (6.13)$$

де  $F$  – середньостатистичні збитки.

Для розрахунку втрат  $R(y,l)$  значення  $\theta_{y,1}^*$  та  $\theta_{y,1}^*$  порівнюється з  $\theta_y$  – корисністю роботи риболовного флоту в умовах точного знання майбутньої погоди, а тому, без аварії через гідрометеорологічні причини.

Орієнтовну оцінку економічної ефективності можна дати при розгляді лише двох видів гідрометеорологічних умов: погода така, що вихід суден  $m$ -го типу на вилов риби дозволений ( $X_m$ ) або заборонений ( $Z_m$ ). Очевидно, що при такому допущенні спрощується обчислення умовних і безумовних ймовірностей здійснення  $X_m$  та  $Z_m$ , а також розрахунок частоти попереднього обчислення тієї або іншої комбінацію «рішення-погода».

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Багров Н.А. Про хозяйственную полезность гидрометеорологических прогнозов. – Труды ГМЦ СССР. - Вып. 159. - 1975. – С. 101-114.
2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983.-390 с.
3. Браун Л. Как избежать климатических катастроф /Л. Браун. – СПб-М.: «ЭКСИМО», 2010. – 415 с.
4. Буркинский Б.В. Экономико-экологические основы регионального природопользования и развития /Б.В. Буркинский, С.К. Харичков, В.Н. Степанов. – Одесса: Феникс, 2005. – 575 с.
5. Воробьев Б.В., Косолапов Л.А. Водотоки и водоемы: взаимосвязь экологии и экономики. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.- 271 с.
6. Гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства СССР. – М.: Гидрометеоиздат, 1974. – С. 37-55, 91-102, 122-125.
7. Городецкий О.А., Сивопляс Г.Г. Экономика, организация и планирование гидрометеорологических работ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 466 с.
8. Державні будівельні норми України. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. ДБН А.2.2.-1-2003. – К.:Держбуд України, 2004. – 21 с.
9. Джигирей В.С. Экология и охрана окружающей природной среды / В.С. Джигирей. – К.: Знания, 2007. – 422 с.
10. Дорогунцов С.І., Муховиков А.М., Хвесик М.А. Оптимізація природокористування / С.І. Дорогунцов, А.М. Муховиков, М.А. Хвесик // Природні ресурси: еколого-економічна оцінка. – К.: Кондор, 2004. – Т.1 – 291 с.
11. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 304 с.



12. Ковалев В.Г. Основы безопасного и сбалансированного развития экономико-экологических систем / В.Г. Ковалев. – Одесса: Издательство ХГЭУ, 2010. – 207 с.
13. Ковалев В.Г., Сербов Н.Г., Рекиш А.А. Производственно-хозяйственная и природоохранная деятельность в водных бассейнах Украины / Н.Г. Сербов, В.Г. Ковалёв, А.А. Рекиш. – Одесса: ОГЭКУ, 2011. – 117 с.
14. Концепция национальной экологической политики Украины на период до 2020 года (17.10.2007 № 880-р) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/880-2007-p>
15. Макаров В.А. Экономика гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства (океанологические аспекты). – С-Пб.: Издательство РГГМУ, 1992. – 101 с.
16. Методика комплексной оценки эффективности научно-исследовательских работ в области гидрометеорологии и контроля природной среды. Л.: ГГО им. А.И. Воейкова, 1987. – 156 с.
17. Методические указания. Руководящий документ «Проведение производственных (оперативных) исследований новых та усовершенствование методов гидрометеорологических и геофизических прогнозов», РД 52.27.284-91. – М.: Комитет по гидрометеорологии при Кабинете Министров СССР, 1991. – С. 108-126.
18. Национальный доклад про состояние окружающей природной среды в Украине в 2011 году. – К.: Министерство экологии и природных ресурсов Украины, LAT&K. – 2012. – 258 с.
19. Обиход Г.О., Омеляненко Т.Л. Методичні підходи щодо оцінки рівня екологічної небезпеки регіонів України/ Ефективна економіка, Дніпропетровськ ДДАЕУ [Електронний ресурс ] – режим доступу <http://www.economy.nayka.com.ua/?op/1429>
20. Про Концепцію державної регіональної економічної політики: Указ Президента України від 25 травня 2001 року № 341 [Електронний ресурс]/

Офіційний сайт Верховної ради України. – режим доступу <http://www.rada.gov.ua>

21. Практичний посібник з оцінки державних інфраструктурних проектів/ Під заг. ред. Ю. Фролова. – К.: СПД «Вальс», Проект ЕС «Підтримка сталого розвитку в Україні», [www.ssr.org.ua](http://www.ssr.org.ua), 2011. – 224 с.

22. Рейтинг інвестиційної привабливості регіонів України. Офіційний сайт Державного агентства з інвестицій та управління національними проектами України [Електронний ресурс]. – режим доступу [www.ukrproject.gov.ua/default/files/upload](http://www.ukrproject.gov.ua/default/files/upload)

23. Руководство по гидрологическим прогнозам. Прогноз ледовых явлений на реках и водохранилищах.-Л.: Гидрометеиздат.- Вып. 3.-1989. – 168 с.

24. Сербов М.Г., Шакірманова Ж.Р. Економіка гідрометеорологічного забезпечення народного господарства України (гідрологічні аспекти) / Навчальний посібник/ М.Г. Сербов, Ж.Р. Шакірманова. – Одеса: ОДЕКУ, 2008. – 123 с.

25. Сербов М.Г., Шакирманова Ж.Р. Пошук оптимальних господарських рішень на основі нормативної і прогностичної гідрологічної інформації: методичні підходи та економічна оцінка. – Український гідрометеорологічний журнал. – Вип. 9. – 2011. – С. 126-134

26. Сербов М.Г. Методичні основи економічної оцінки збитків від надзвичайних ситуацій природного характеру //Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2011. – Вип. 12. – С. 58-64.

27. Сербов М.Г. Пошук оптимального рішення розвитку водного басейну на основі моделювання економіко-екологічної ситуації. – Науковий та науково-виробничий збірник “Праці Одеського політехнічного університету”. – Вип. 3(37). – 2011. – С. 281-287

28. Сербов М.Г. Пошук оптимального господарського рішення розвитку водного басейну на нормативної і прогностичної інформації про стан водного

об'єкту: методичні підходи та економічна оцінка. – Таврійський науковий вісник. – Вип. 78. – 2012. – С. 162-169

29. Сербов М.Г. Економіко-екологічні аспекти гідрометеорологічного забезпечення об'єктів господарювання водного басейну. - ZBOR RAPORNOW NAUKOWYCH “Teoria i praktyka-znaczenie badan naukowych”. - Czesc 6. – Lublin. – 2013. - P. 87-91

30. Сербов М.Г. Методологія та економічне обґрунтування гідрологічного забезпечення об'єктів господарювання на території водних басейнів. - Сборник научных работ «Задачи современной науки» (материалы XXXVI Международная научно-практическая конференция), Горловка, 22-23 августа 2013г., С. 21-31

31. Сербов М.Г. Економічні основи гідрологічного забезпечення господарського комплексу регіону. - Міжнародний науковий журнал «Механізм регулювання економіки». - № 1. - 2014. – С. 27-29

32. Сербов М.Г. Методологічні основи економічної оцінки водних басейнів як об'єктів природокористування // Вісник соціально-економічних досліджень: Збірник наукових праць – 2011. – Випуск №3(43), ОНЕУ. – С. 381-386.

33. Сербов Н.Г. Влияние природоохранной деятельности на экономику природопользования на территории водных бассейнов // Научно-практический журнал «Экономика Крыма». – Симферополь. – 2012. – № 3 (40). – С. 133-136.

34. Сербов Н.Г. Некоторые подходы к экономико-экологической оценке водных бассейнов как совокупности объектов хозяйствования // Вестник Одесского Национального политехнического университета. – 2011. – Вып. 20. – Т. 16. – С. 173-178.

35. Состояние природно-техногенной безопасности Украины та основные направления ее повышения. – К.: Госпредприятие «Агентство информации, международного сотрудничества и развития», 2010. – 95 с.

36. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-гидрографические работы. Инженерно-гидрометеорологические изыскания на реках/ Госстрой России. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000. – 141 с.

37. Степаненко С.Н., Полевой А.Н., Школьный Е.П. и др. Оценка влияния климатических изменений на отрасли экономики Украины / С.Н. Степаненко, А.Н. Полевой, Е.П. Школьный. – Одесса: Экология, 2011. – 696 с.

38. Угренинов Г.Н. Гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства / Учебно-методическое пособие. - Л.: Издательство ЛПИ, 1986.- 83 с.

39. Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 232 с.

40. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311 с.

41. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология/ Учебник. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 491с.

42. Шурда К.Э. Погодно-климатический фактор в развитии экономики приморского региона (проблемы оценки и прогнозирования) / К.Э. Шурда. – Одесса: Феникс, 2003. – 122 с.

43. Электронный ресурс – режим доступа [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)

44. Электронный ресурс – режим доступа <http://real-economy.com.ua/infographics/11318.html>

45. Эндрес А., Квернер И. Экономика природных ресурсов / А. Эндрес, И. Квернер. СПб.: Питер, 2008. – 2-е изд. – 256 с.

46. Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – С. 69-77, 103-127.