

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**М.Г. СЕРБОВ
Ж.Р. ШАКІРЗАНОВА**

**ЕКОНОМІКА ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ (ГІДРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ)**

Конспект лекцій

**Одеса
2008**

ББК 32.97
С 32
УДК 556.166

Друкується за рішенням Методичної ради Одеського державного екологічного університету (протокол № 10 від 22 травня 2008 р.)

СЕРБОВ М.Г., Шакірзанова Ж.Р.

Економіка гідрометеорологічного забезпечення народного господарства України (гідрологічні аспекти): Конспект лекцій. – Одеса, 2008. – 123 с.

В конспекті лекцій розраховано на студентів гідрометеорологічного інституту ОДЕКУ напряму підготовки 6.040105 «Гідрометеорологія», які навчаються за спеціальністю «Гідрологія і гідрохімія». Може бути корисним для студентів відповідних факультетів, спеціальностей та напрямів підготовки ВНЗ України.

Розглянути види гідрологічної інформації та методи оцінки її економічної ефективності. Викладено основні економічні принципи і методи забезпечення галузей народного господарства України гідрологічною інформацією.

© Одеський державний
екологічний університет, 2008

1 ВСТУП

Значення гідрометеорологічних прогнозів для потреб народного господарства не тільки загальновідоме але і загально признано. Це відноситься до всіх галузей економіки України, а також за її межами. Епоха безконтрольного використання природних ресурсів Землі, в тому числі і водокористування пройшла. Розвиток сучасного виробництва неможливий без всебічного врахування та раціонального використання інформації про очікуваний стан погоди, водних об'єктів. Прогностична, нормативна та режимна гідрометеорологічна інформація знаходить широке застосування під час планування господарських заходів та вибір рішення сучасних виробничих задач, що дозволяє суттєво зменшити витрати від несприятливих природних умов. Гідрометеорологічне забезпечення господарської діяльності різноманітних галузей передбачає задоволення споживачів відомостями про сучасні умови, прогностичну та іншу інформацію, надає консультації та рекомендації щодо оптимального використання отримуваних гідрометеорологічних матеріалів та прийняття раціонального господарського рішення. Важливе значення під час цього відіграє взаємодія підрозділів гідрометеорологічної служби та споживачів, включаючи взаємне ознайомлення із виробничою діяльністю партнера.

Оцінка ефективності гідрометеорологічного забезпечення проводиться шляхом визначення запобіжних заходів проти збитків від впливу на виробництво споживача природних факторів, додаткового прибутку від гідрометеорологічного обслуговування та зниження витрат на різноманітні господарські заходи під час 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 на вибір зовнішніх факторів.

Економічні проблеми використання гідрометеорологічної інформації, оцінки водотоків та водоймищ, 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 неї і визначення капітальних витрат на компенсацію збитків, які несуть різноманітні види господарської діяльності людини, є необхідною умовою для вибору найбільш економічно вигідного та економічно сприятливого господарського рішення.

Дисципліна „Економіка гідрометеорологічного забезпечення народного господарства України” повинна сформувати у студентів, які навчаються за напрямом підготовки „Гідрометеорологія”, уявлення про цілісність прикладних задач гідрометеорології. В конспекті надається матеріал для студентів-гідрометеорологів, які навчаються за спеціальністю „Гідрологія і гідрохімія”, тому, в першу чергу, викладаються розділи, які пов'язані з використанням водних об'єктів різними споживачами та галузями народного господарства України.

Послідовність викладання навчального матеріалу відповідає програмі дисципліни. Під час вивчення даного курсу студенти знайомляться з методичними матеріалами, посібниками, нормативною документацією гідрометеорологічної служби України, виконують практичні та контрольні роботи, що дозволяє їм придбати навички в економічній оцінці гідрологічних досліджень та використання гідрометеорологічної інформації у виробництві і інших областях господарської діяльності.

1.1 Вказівки за розділами курсу

Гідрологічне забезпечення народного господарства складається із наступного комплексу робіт:

- а) заходи по вмісту, раціоналізації і розвитку мережі спостережень;
- б) збір, обробка і передача гідрологічної та гідрометричної інформації в передбачених для забезпечення замовників обсягах та формах;
- в) систематизація та узагальнення багаторічних відомостей про гідрологічні явища і процеси;
- г) створення методів розрахунку характеристик гідрологічного режиму;
- д) оцінювання експедиційними методами режиму невивчених або мало вивчених водних об'єктів;
- е) передбачення (прогнозування) гідрологічних явищ та процесів із різноманітною передчасністю. Разом з прогнозами споживачам можуть надаватися консультації про очікувані зміни в явищах та процесах;
- ж) участь в оптимізації господарських рішень на основі гідрологічних даних;
- з) оцінка економічної ефективності гідрологічного забезпечення народного господарства країни.

Для уникнення дублювання матеріалу в цьому конспекті не розглядаються ті розділи робіт по гідрологічному забезпеченню, які в достатній мірі висвітлені в курсах інших гідрологічних дисциплін („Методи гідрометеорологічних вимірювань”, „Гідрометрія”, „Фізична гідрологія”, „Гідрологічні розрахунки”, „Гідрологічні прогнози” тощо). В першу чергу, розглядаються економічні аспекти гідрометеорологічного

забезпечення народногосподарських організацій, які надалі будуть називатися – споживач.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА СКЛАД ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАЛУЗЕЙ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

2.1 Задачі і організація гідрометеорологічного забезпечення

Гідрометеорологічне забезпечення – це комплекс робіт, які виконуються підрозділами державної гідрометеорологічної служби України з метою найбільш повного і своєчасного забезпечення виробництва і інших господарських заходів гідрометеорологічною інформацією.

Основні задачі гідрометеорологічного забезпечення:

1. Своєчасне попередження споживачів про стихійні явища і процеси, які викликають небезпеку для їх господарювання, з метою зниження або запобігання можливого збитку від впливу цих явищ або процесів.

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

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

4. Підготовка режимних матеріалів, які використовуються споживачами під час виконання різноманітних господарських робіт, включаючи проектування і будівництво гідротехнічних та інших об'єктів.

5. Підготовка методичних посібників і інших нормативних документів, які використовуються споживачем для отримання шляхом

спостережень або розрахунків характеристик гідрологічного режиму, знання про які відсутні в фондах гідрометеорологічної служби.

6. Проведення консультацій і видача рекомендацій по оптимальному використанню споживачем наданої йому гідрометеорологічної інформації.

Необхідно відмітити, що гідрометеорологічне забезпечення різноманітних галузей народного господарства проводиться з урахуванням особливостей впливу гідрометеорологічних умов на кожний конкретний об'єкт господарювання та споживача.

Гідрологічне забезпечення спирається на виробничий взаємозв'язок між постачальником гідрометеорологічної інформації і їхнім споживачем. Це викликано тим, що існуючі прогнози стану навколишнього середовища, в т.ч. гідрологічні прогнози, поки що не є досить точними і їхні формулювання містять тільки частку того, що відомо прогнозисту про можливі зміни стану водного об'єкту. У зв'язку з цим деякі споживачі використовують прогностичну інформацію дуже формально. Щоб уникнути цього, їм необхідні постійні консультації. З іншого боку, постачальник гідрологічної інформації повинний знати, для яких конкретних виробничих цілей використовується прогноз, тобто, специфіку господарювання конкретного споживача. Тільки в цьому випадку його прогноз, консультації чи інші додаткові дані про фактичний чи майбутній стан водного об'єкту будуть корисні для споживача. Між постачальником і споживачем гідрометеорологічної інформації устанавлюється двосторонній обмін.

2.2 Організаційні основи взаємодії підрозділів гідрометеорологічної служби із споживачами при їх гідрометеорологічному забезпеченні

Склад, строки і методи передачі гідрометеорологічної інформації регламентуються генеральними згодами між центральним органом державної гідрометеорологічної служби країни та іншими центральними органами виконавчої влади (міністерствами, відомствами тощо), а також локальними згодами обласних гідрометеорологічних центрів (ГМЦ) і обласних (регіональних) споживачів. Крім того, органи гідрометеорологічної служби зобов'язані включити в план оперативного гідрологічного обслуговування всіх споживачів, які передчасно подали відповідні заявки. Зрозуміло, що при цьому оцінюється реальність вимог, які пред'являються гідрологам.

План оперативного гідрологічного обслуговування (забезпечення) є головним документом, який регламентує діяльність конкретного підрозділу Держкомгідромету України по передачі споживачам інформації про сучасний та майбутній стан водних об'єктів. Виникнення аномальних гідрометеорологічних явищ в тому випадку і тих, які відносяться до категорії особливо небезпечних природних явищ, часто викликає різні порушення (неполадки) виробничого циклу народногосподарських об'єктів. Іноді частина збитків, викликана стихійними лихами, може бути віднесена за рахунок недостатньо повного і своєчасного забезпечення споживача гідрометеорологічною інформацією. Для з'ясування факту порушення плану оперативного гідрологічного обслуговування, відповідно до генеральних, і локальних згод, керівництвом гідрометеорологічних центрів і керівництвом народногосподарської організації створюється спеціальна змішана комісія по розгляду претензій в адрес підрозділів гідрометеорологічної служби. В складних випадках, а також при значному матеріальному збитку, створення штатних комісій беруть на себе головні

органи Державного Комітету України по гідрометеорології і відповідного міністерства (відомства). Робота змішаної комісії затверджується складанням протоколу за спеціальним зразком, який містить узгоджене сторонами тлумачення події, оцінку міри відповідності сторін, а також рекомендації по ліквідації несприятливих наслідків події і пропозиції по усуненню в подальшому недоліків у відношенні складу, строків і форми передачі гідрометеорологічної інформації. Під час аналізу особливостей господарської діяльності споживача надзвичайно важливо виявити, який вплив даного виробництва на гідрологічний режим водного об'єкту при наявності суттєвого антропогенного впливу споживача на гідрологічний режим об'єкту. Слід зробити перегляд і перетворення застосованих в оперативній практиці рядів гідрологічних величин з метою приведення їх до однорідних сукупностей. В протилежному випадку накопичення систематичних відхилень за роки роботи підприємства може зробити практично неінформативними статистичні характеристики гідрологічної величини, обчисленої за допомогою даних за період непорушного режиму.

Особлива увага приділяється визначенню критеріїв безпеки, під час якої гідрометеорологічні фактори можуть виявити шкідливий вплив господарську діяльність споживача. За результатами вивчення виробничої діяльності обслуговуючих організацій (закладів) і впливу на неї гідрометеорологічних факторів, складаються технічні записки. В них відмічаються наслідки стихійних гідрометеорологічних явищ і процесів, а у вигляді доповнення надаються ілюстративні матеріали, які відображають виробничі процеси споживача та райони їх дії. Технічні записки, які регулярно оновлюються, є необхідними посібниками для спеціалістів гідрометеорологів під час ознайомлення із виробничою діяльністю обслуговуючих організацій.

2.3 Оперативна і нормативна форми гідрологічного забезпечення

Гідрологічне забезпечення споживачів сприяє найбільш вигідному застосуванню гідрометеорологічних даних при вирішуванні зазначеного кола задач.

Слід зазначити:

- 1 Оперативну форму гідрологічного забезпечення.
- 2 Нормативну форму гідрологічного забезпечення.

Оперативне гідрологічне забезпечення – це сукупність робіт, спрямованих на повсякденне забезпечення гідрометеорологічними даними і, насамперед, прогнозами майбутнього стану водних об'єктів різноманітних господарських організацій та установ (споживачів). Воно здійснюється оперативними підрозділами гідрометеорологічної служби. До них відносяться: відділи гідрологічних прогнозів, гідрометеорологічні обсерваторії та бюро, гідрометеорологічні станції. В окремих випадках, наприклад, при будівництві чи експлуатації великих гідротехнічних споруд, створюються спеціальні гідрологічні підрозділи (пости або станції).

Нормативне гідрологічне забезпечення полягає у визначенні і впровадженні в оперативну практику гідрологічних даних статистичного характеру. Отримані норми, ймовірності і спектральні розподіли значень гідрологічних величин, їхніх комплексів і явищ є квазісталими стандартами. Вони застосовуються в перспективному плануванні, у промислову і житловому будівництві, в інженерних розрахунках та інших галузях народного господарства України. Основна мета використання нормативних даних – побудувати або забезпечити господарювання промислового об'єкту, більш довговічним, тобто найменш залежним від гідрометеорологічних умов, і з найменшою витратою коштів.

Розробкою нормативних даних стосовно до різних задач займаються переважно науково-дослідні організації та установи.

Література

1. [4] с.3-6, 37-45, 132-134
2. [6] с. 3-11
3. [9] с. 3-23, 55-59, 91-98
4. [17] с. 103-111

Контрольні запитання

1. Яких спостерігачів гідрологічної інформації ви знаєте?
2. Які задачі гідрологічного забезпечення народногосподарських об'єктів вам відомі?
3. На основі яких документів здійснюється комплекс робіт по гідрологічному забезпеченню споживачів?
4. Що таке план оперативного гідрологічного обслуговування і технічна записка?
5. Який порядок розбору подій, пов'язаних із несприятливими гідрологічними умовами?
6. Що таке змішана комісія і коло її обов'язків?
7. Як проводиться кількісна оцінка антропогенних порушень гідрологічного режиму водного об'єкту?
8. Якими засобами обумовлюється зв'язок оперативних підрозділів Держкомгідромету із споживачами?

3 ВИДИ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

3.1 Регулярна, епізодична і екстрена гідрологічна інформація

Оперативна гідрологічна інформація поділяється на: регулярну, епізодичну і екстрену.

Регулярна інформація забезпечує спеціалістам оперативної гідрометеорологічної служби можливість здійснювати безперервний контроль за станом водних об'єктів та передбачати подальший розвиток геологічних явищ і процесів. Регулярна інформація складає основу гідрологічного бюлетеня, який щодня випускають відповідні підрозділи Державної гідрометеорологічної служби України.

Епізодична інформація – за складом, строками передачі та тривалості здійснення – цілком залежить від потреб конкретних споживачів, плану оперативного гідрологічного обслуговування.

Екстрена інформація про стихійні гідрологічні явища, які наносять визначні матеріальні збитки народногосподарським об'єктам, подається усіма гідрологічними постами і станціями на водних об'єктах районів під час екстремальних та особливо небезпечних гідрометеорологічних умов.

3.2 Режимна і нормативна гідрологічна інформація

Режимна гідрологічна інформація. Цей вид інформації повинний поповнювати відомості про стан водних об'єктів для режимних узагальнень. В кінці кожного місяця на всіх постах опорної гідрологічної мережі Державної гідрометеорологічної служби України закінчується початкова обробка результатів спостережень і на станцію відправляються дійсні водомірні книжки, стрічки самописців, таблиці та інші матеріали спостережень. На гідрологічних станціях дана інформація поміщається на

технічний носій, перевіряється та кодується для наступного пересилання в регіональні (територіальні) гідрометеорологічні центри. Таким чином, отриманою на постах інформацією постійно заповнюються відомості про води нашої країни і стають частиною систематизованого зведення гідрологічних даних – Державного водного кадастру країни. Гідрологічні режимні матеріали використовуються під час планування та проведення різноманітних гідрологічних робіт, проектування, будівництва і експлуатації гідротехнічних споруд.

До **нормативної** гідрологічної інформації відносяться відомості про статистичні характеристики різноманітних елементів: рівнів, витрат, стікання зважених і донних наносів, температури води, кількості розчинених у воді речовин і т.д. Даний розділ досить добре освітлений в курсах "Фізична гідрологія", "Методи гідрометеорологічних вимірювань" (гідрометрія), "Гідрологічні розрахунки", але студент, який вивчає курс "Економіка гідрометеорологічного забезпечення народного господарства" повинен мати чітке уявлення про прикладний, в першу чергу економічний, нахил розрахункових гідрологічних систем.

Нормативна гідрологічна інформація – основа гідрологічного заснування всякого проекту, пов'язаного із водокористуванням та водовідведенням.

Джерелами нормативної гідрологічної інформації є:

– довідники про гідрографічні характеристики водних об'єктів, а також матеріали про періоди і склад спостережень на кожному посту опорної мережі Держкомгидромету та засобах збереження цієї інформації;

– "Основні гідрологічні характеристики" (ОГХ), де зібрані багаторічні дані про характеристики стоку, льодовий і термічний режим водойму та водостоків, дані про наноси і хімічний склад поверхневих вод;

"Ресурси поверхневих вод" – регіональні монографії, в яких крім даних про гідрографічні характеристики водних об'єктів, даються рекомендації по розрахунку статистичних характеристик гідрологічних величин.

Статистичні характеристики елементів режиму річок, в тому числі і невивчених, визначаються за розрахунковими схемами будівельних норм та правил БНіП (Визначення розрахункових гідрологічних характеристик БНіП 2.01.14-83, М. Стройиздат. 1983).

Література

1. [4] с. 7-17, 28-31, 101-108
2. [6] с. 19-21
3. [10] с. 62-70
4. [13] с. 10-25

Контрольні запитання

1. На які види інформації поділяються оперативна гідрологічна інформація?
2. Що таке режимна і нормативна гідрологічна інформація?
3. Чи залучають режимні гідрологічні пости для передачі негайної (екстреної) інформації?
4. Які статистичні характеристики використовуються для оцінки гідрологічних величин?
5. Що є основними джерелами нормативної гідрологічної інформації?
6. Дайте опис процедури створення систематизованого зведення гідрологічних даних – Державного водного кадастру.
7. Які ви знаєте БНіП (керівництво по визначенню розрахункових гідрологічних характеристик)?

3.3 Прогностична гідрологічна інформація

3.3.1 Види прогностичної інформації

Розрізняють два види гідрологічної прогностичної інформації: прогноз і консультація.

Гідрологічний прогноз – науково обґрунтоване прогнозування майбутнього стану водного об'єкту, вираженого в кількісному вигляді, а **консультація** – це оцінка майбутнього стану водного об'єкту, виражена в якісній формі. Прогнози виконуються за методиками, що відповідають критерію, який використовується в оперативній практиці Держгідромету України. Прогнози поділяються по передчасності на короткочасні і довгочасні: якщо передчасність прогнозу (проміжок часу між складанням прогнозу та датою здійснення прогнозованого явища або датою коли прогнозоване явище закінчується) складає менше 15 днів, то даний прогноз є короткочасним, з більшою передчасністю – довгочасний.

Слід мати на увазі, що передчасність попередніх розрахунків середньої на період гідрологічної величини, дорівнює тривалості від дати випуску прогнозу до кінця періоду осереднення. Методики, за якими складаються консультації мають більш низьку точність, але їх використання збільшує об'єм корисної інформації про режим водного об'єкту на передчасний період порівняно із постійним орієнтиром на норму.

Типовий текст консультації: "В середньому за такий чи інший період (відмічається період передчасності) значення гідрологічної величини очікується більше норми (в межах норми, менше норми)". В консультаціях розрізняють три градації майбутнього стану гідрологічної величини: менше (нижче, раніше) норми, в межах норми і вище (більше, пізніше)

норми. Як правило, поняття "менше норми" відповідає умові $y < 0.80 y$, "більше норми" – $y > 1.20 y$, "в межах норми" – $0.80 y \leq y \leq 1.20 y$.

Спосіб вираження прогностичної інформації (кількісної або якісної) визначається ефективністю використання методу попереднього обчислювання. За результатами виправданості перевірочних прогнозів розраховується середньоквадратична похибка перевірочних прогнозів:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - m}}, \quad (3.1)$$

де y_i і \hat{y}_i – відповідно очікуване та здійснене значення величини Y при i -му випуску прогнозу; n – кількість перевірочних прогнозів; m – кількість ступенів свободи прогностичної схеми, наприклад, при лінійній залежності виразу $y=ax$, $m=1$, а при залежності $y=ax+b$, $m=2$.

За допустиму похибку прогнозу беруть можливе відхилення значень прогнозованого елементу гідрологічного режиму від середнього:

$$\delta_{\text{дон}} = \pm 0,674 \sigma_y. \quad (3.2)$$

тут δ_y середньоквадратичне відхилення значень величини, яка прогнозується, від середнього (стандартне відхилення).

Ефективність методики прогнозування оцінюється співвідношенням S_y / δ_y , причому:

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_{\text{сер}})^2}{n - 1}}, \quad (3.3)$$

де $y_{сер}$ – норма гідрологічної величини, обчислена за вибіркою даних об'ємом n . У випадках коли прогнозується зміна якої-небудь величини за період передчасного прогнозу допустима похибка визначається за формулою:

$$\delta_{дон} = \pm 0,674 \sigma_{\Delta}, \quad (3.4)$$

де σ_{Δ} – середньо квадратичне відхилення зміни прогнозованої величини за період передчасного прогнозу від середнього значення цієї зміни.

Тоді:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta_i - \Delta_{сер})^2}{n - 1}}, \quad (3.5)$$

де Δ_i – змінювання прогнозованої змінної за період передчасного прогнозу (різниця між початковим і кінцевим значеннями); $\Delta_{сер}$ – середнє значення цих змін.

При відомому відношенні S_y / δ_y досить легко визначити кореляційне відношення.

$$\rho = \sqrt{1 - \left(\frac{S}{\sigma}\right)^2}. \quad (3.6)$$

У таблиці 3.1 визначені умови застосування прогнозних схем, а також показники якості методики прогнозу. Необхідно відмітити, що методика прогнозу вважається практично допустимою, якщо забезпеченість допустимої похибки перевірочних прогнозів не менше чим на 10% (відсотків) перевищує забезпеченість можливого відхилення прогнозованої величини від середнього. Критерії S_y / δ_y (або S_y / δ_{Δ})

характеризують і ефективність методики прогнозів, тобто дозволяє роботи висновок про те, наскільки похибки прогнозів менше від імовірних відхилень від норми прогнозованої величини або її змінювання на протязі періоду передчасності прогнозу. Оцінка методики прогнозу, яка наведена в таблиці 3.1, відображає ступінь ефективності методики. Припустимо, що відхилення прогнозованої величини від норми підпорядковується нормальному закону розподілу, взявши величину відношення $S_y / \delta_y - 0,6(\rho - 0,8)$, забезпеченість допустимої похибки прогнозів, яка визначена відповідно за (3.2) або (3.4), складає 75%, а забезпеченість (так звана "природна забезпеченість") можливого відхилення від норми прогнозованої величини дорівнює 50%. Отже, при складанні прогнозів за розробленою методикою споживач отримає більш конкретну і вірну інформацію про майбутній стан водного об'єкту, ніж в тому випадку, коли буде орієнтуватися на норму, встановлену за даними багаторічних спостережень.

Таблиця 3.1 – Критерії ефективності і якості методики прогнозу

Число перевірочних прогнозів	$\gamma = S_y / \delta_y$
$n < 15$	≤ 0.70
$15 < n < 25$	≤ 0.75
$n \geq 25$	≤ 0.80

Показники якості методики, де число $n \geq 25$

Категорія методики	Показники якості методики		
	S_y / δ_y	Коефіцієнт кореляції	Забезпечення
Відмінна	$\leq 0,30$	$\geq 0,96$	>97

Добра	0,31-0,50	0,95-0,87	82-97
Задовільна	0,51-0,80	0,86-0,80	81-60

Якщо ефективність γ не відповідає умовам таблиці 3.1, за допомогою прогностичного методу випускаються не прогнози, а консультації. При $\gamma \geq 1,0$ метод не дає корисної інформації і на вимогу споживача можливо лише складання "Справки про спостережені характеристики режиму водного об'єкту", який містить результати узагальнення багаторічної інформації.

3.3.2 Форми випуску гідрологічних прогнозів

В наш час в оперативній практиці гідрологічних прогнозів є чотири форми подання довгострокових (довгочасних) і п'ять форм подання короткострокових (короткочасних) гідрологічних прогнозів.

Перша форма подання довгострокових прогнозів. Водокористувачам надається очікуване значення y_i гідрологічної величини Y , а також можлива похибка прогнозування, яка визначається за формулою:

$$\delta_{y_i} = \pm 0,674 S_{y_i}, \quad (3.7)$$

де S_{y_i} – середньоквадратична похибка попереднього обчислення при умові i -го прогнозу. Обчислення параметра S_{y_i} досить складне і в більшості випадків рівняння $S_y = S_{y_i}$ не виконуються. Якщо взяти за основу лінійний характер прогностичної залежності ($y=ay+b$), то:

$$S_{y_i} = S_y \sqrt{1 + \frac{1}{n} \left(1 + \frac{\Delta y_i^2}{\sigma_y^2} \right)}, \quad (3.8)$$

де $\Delta y_i = y_i - y_{сер}$, тобто Δy_i – відхилення від норми аргументу прогностичного рівняння при умові i -го прогнозу. Неважко помітити, що за (3.8) при будь-якому значенні аргументу $S_{y_i} > S_y$.

В першій формі похибка дається переважно в правдоподібній формі, у доповнення до зазначеної інформації повідомляються багаторічні характеристики: норма і екстремум (максимум, мінімум). Необхідно відмітити, що перша форма подачі гідрологічного прогнозу належить до категорії "до відома" і має особливе значення, в першу чергу для споживачів, залежність яких від гідрологічних умов стає достатньо тісною лише під час екстремальних обставин.

Друга форма подання довгострокових прогнозів. Відміна від першої форми подачі довгострокових прогнозів полягає в тому, що характеристики гідрологічних величин доповнюються координатами кривої забезпеченості (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Координати багаторічної кривої забезпеченості
гідрологічної величини Y

Забезпеченість (P), %	10	25	50	75	90	95
Значення величини заданої забезпеченості (y_p)	Y_{p1}	Y_{p2}	Y_{p3}	Y_{p4}	Y_{p5}	Y_{p6}

Побудова кривої забезпеченості і визначення ординат y_p виконується відповідно до [7].

Друга форма дозволяє споживачу прогностичної інформації більш повніше оцінити ступінь аномальності, або навпаки, ординарності очікуваного явища.

Третя форма подання довгострокових гідрологічних прогнозів. Очікувана гідрологічна величина представлена у вигляді умовної кривої забезпеченості, яка характеризує розподіл цієї величини при умові випуску даного прогнозу. Спосіб побудови умовної кривої забезпеченості вибирається в залежності від попередньої інформації про вид розподілу похибок конкретного методу прогнозування. В оперативній практиці гідрологічних прогнозів є два види такого розподілу – нормальний і асиметричний.

Якщо уявити допущення про нормальний розподіл похибок i -го прогнозу, то обчислення координат умовної кривої забезпеченості здійснюється за формулою:

$$y_{pi} = y_i + \Delta y_{pi} = y_i + t_{pi} S_{yi}, \quad (3.8.a)$$

де P_i – умовна забезпеченість, тобто можливість перевищення заданих значень очікуваної величини не в багаторічному розгляді, а в умовах i -го випуску прогнозу; t_p – квантілі нормального розподілу; Δy_{pi} – похибка i -го прогнозу заданої забезпеченості. Результати обчислення за формулою (3.8) подаються у вигляді таблиці (3.3). Маючи прогноз, складений у вигляді кривої забезпеченості водокористувач може визначити з якою імовірністю слід в умовах конкретного випуску прогнозу очікувати появу величини Y в діапазоні, який більше будь-якого іншого заданого значення.

Умовна крива забезпеченості дає можливість обчислити імовірність реалізації очікуваної величини в будь-якому заданому інтервалі $P((y_1 < y < y_2) / y_2' = P(y > y_1) / y_1') - P((y > y_2) / y_2')$.

При асиметричному розподілі похибок прогнозів пропонується більш складна і не дуже теоретично обґрунтована схема розрахунку [6].

Багаторічні відомості в прогнозах, складених за третьою формою, дані в тому ж вигляді, що і при використанні другої форми випуску довгострокових гідрологічних прогнозів.

Таблиця 3.3 – Розрахунок координат умовної кривої забезпеченості

$P_i, \%$	5	10	25	50	75	90	95
t_{pi}	1.65	1.28	0.674	0	-0.674	-1.28	-1.65
Δy_{pi}							
Y_{pi}							

Четверта форма подання довгострокових прогнозів. В окремих випадках споживача гідрологічної інформації цікавить не імовірність значення, а межі цього значення, тобто Y_{mini} або Y_{maxi} . Як правило, така інформація надається споживачам під час проходження особливо небезпечних явищ – при проходженні весняного повіддя або дощового паводку, для споживача гідрологічної інформації більш важлива не імовірність значення рівня, а найбільший максимум: перевищить або ні цей рівень відмітки захисних споруд.

Перша форма подання короткочасних прогнозів. Споживачам гідрологічної інформації надається очікуване значення (y_i), час його здійснення (Δy_i), можливі похибки прогнозів величини Y і дати $D(\delta_{y_i}, \delta_{\Delta y_i})$. Прогнози часу настання різноманітних фаз водного режиму за першою

формою не складаються тому, що в цьому випадку дата прогнозованого явища є величиною Y .

Друга форма подання короткочасних прогнозів. Прогнозується значення гідрологічної величини $Y_{Дy_i}$, яке повинно реалізуватися в заданий момент часу. Наприклад: "витрати води у річці Дністр в с. Олонешти на друге травня буде дорівнювати $220 \text{ м}^3/\text{с}$ ". Надається можлива похибка даного прогнозу δ_y .

Третя форма подання короткочасних прогнозів. Здійснюється без зазначених строків. Передбачається тільки очікуване значення гідрологічної величини і можлива похибка попереднього обчислювання (y_i, δ_i). Таким чином здійснюються прогнози екстремальних фаз водного режиму або прогнози дат того чи іншого явища (дат появи пливучого льоду, встановлення льодоставу, скресу річки та інше).

Четверта форма подання короткочасних прогнозів. В прогнозі зазначається не очікуване значення гідрологічної величини, а інтервал, можливість попадання в який приблизно дорівнює 50%. При цьому допускається, що похибки попереднього обчислювання розподілені за нормальним законом:

$$p(y_i \pm 0,674.Sy_i) = p(y_i \pm \delta y_i) \approx 50\%. \quad (3.9)$$

Прогноз коливання за четвертою формою, відрізняється тим, що споживачам надається інтервал $(h_i \pm 0,50h_i)$, де h_i – очікуване значення висоти хвилі.

Пята форма подання короткочасних прогнозів. Дана форма подання короткочасних гідрологічних прогнозів розроблена для прогнозування дат наступу льодових явищ на ділянці річки. Довжина частини річки підбирається такою, що різниця в датах наступу однієї і тієї ж фази в межах ділянки не перевищує трьох діб. Надається інтервал часу

між очікуваними датами реалізації явищ на крайніх точках ділянки, наприклад: "льодохід по річці Південний Буг між пунктами м. Ладижин – м. Гайворон починаються 3-6 березня...". Зустрічаються модифікації п'ятої форми випуску короткочасних прогнозів, які заключаються в тому, що споживачу надається найбільше значення очікуваної величини на одній із меж ділянки, де дане явище здійснюється раніше (пізніше) ніж на решті ділянки.

Попередження про загрозу наступу особливо небезпечного явища (ОНЯ). Вслід за прогнозом, який передбачає значення гідрологічної величини та перевищує показники безпеки для господарських об'єктів, складаються попередження про загрозу наступу ОНЯ (особливо небезпечних явищ). Такі попередження мають порівняно невелику передчасність, відрізняються конкретністю вказівок відносно характеристик очікуваного явища і господарського об'єкту, який наражається на небезпеку, а також можливих наслідків ОНЯ.

Контрольні прогнози, а тим більше попередження про загрозу наступу ОНЯ і консультації про небезпечний характер розвитку гідрологічного явища вміщається в спеціальному розділі гідрологічного бюлетеня і по можливості негайно доводиться до відома споживачів гідрологічної інформації.

Попередження про небезпечні стихійні явища, які наносять виробництву матеріальні збитки і складають аварійні ситуації – найважливіша задача гідрометеорологічного забезпечення народного господарства. Основні критерії ОНЯ викладаються у відповідності до нормативних положень (керівництв). Вони визначаються в кожному окремому випадку разом організаціями і підрозділами, які обслуговують гідрометслужби України. Їх перелік в обов'язково відмічається в планах-схемах гідрометобслуговування [6,12,17].

Важливим документом оперативного підрозділу є каталог небезпечних та особливо небезпечних гідрологічних явищ. Він є набором карток двох типів:

- Картки небезпечних явищ;
- Картки господарських об'єктів (споживачів).

Література

1. [1] с. 25-26, 28-33, 35-37;
2. [6] с. 17-37, 113-131;
3. [10] с. 21-32;
4. [11] с. 8-26.

Контрольні запитання

1. Як поділяться гідрологічні прогнози за ознаками передчасності?
2. Дайте визначення терміну "припустима похибка прогнозу".
3. В яких випадках гідрологічна інформація надається для споживача у вигляді консультації?
4. Що є критерієм якості методики прогнозу?
5. Скільки і які форми випуску довгочасних і короткочасних прогнозів ви знаєте?
6. Що таке довідка про спостерігаючі характеристики режиму водного об'єкту? Коли дана довідка складається?
7. Що таке попередження про ОНЯ? В якій формі це попередження доводиться до відома споживача?

4 ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО ГОСПОДАРСЬКОГО РІШЕННЯ НА ОСНОВІ НОРМАТИВНОЇ І ПРОГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

4.1 Поняття про "витрати"

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 [1,2,5,6 і інше].

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 конспекті дано короткий опис схем приблизного рішення оптимізаційних задач.

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 Θ 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_i – є середнім значенням j -го інтервалу ($y_i \pm \Delta y$), де Δy – 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 величини y_h . Недоцільно ототожнювати деталізацію і діапазони змінювання величин Y і L . Рішення L завжди є приблизною оцінкою явища Y . Крім того, в попереджувальних цілях, рішення належать частіше всього до якої-небудь визначеної частини діапазону Y .

Очевидно, якщо в процесі господарської діяльності приймається рішення l_k , яке збігається із здійсненим значенням гідрологічної величини y_j , тобто $l_k = y_j$, то корисність такого рішення буде найвищою Θ_{y_j} . Якщо рівняння $l_k = y_j$ – не виконуються, корисність такого рішення (Θ_{y_j, 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 ($l_k - y_j$) виникає зниження корисності. Таке зниження господарського рішення називається **витратами**:

$$R_{y_j, l_k} = \Theta_{y_j} - \Theta_{y_j, l_k}. \quad (4.1)$$

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

4.2 Функції витрат. Властивості функцій витрат

Згідно до (4.1) витрати 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 витрат $R(y, l)$, яка описує економічні наслідки різноманітних комбінацій рішення L , та здійсненого значення величини Y .

Функції витрат мають самий різноманітний вигляд, частіше всього це залежності із різко неоднаковим темпом витрат в різних частинах діапазонів варіації величини Y та різниці $(Y-L)$. Конкретний вид функції витрат 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 витрат:

$$R(y,l) = \begin{cases} K_1(y-1), & \text{якщо } (y-1) > 0; \\ K_2(l-y), & \text{якщо } (y-1) < 0. \end{cases} \quad (4.2)$$

Квадратичний вид функції витрат:

$$R(y,l) = \begin{cases} B_1(y-1)^2, & \text{якщо } (y-1) > 0; \\ B_2(l-y)^2, & \text{якщо } (y-1) < 0. \end{cases} \quad (4.3)$$

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 витрат R_{y_j, l_k} в тому або іншому інтервалі j . Необхідність обчислення більшої кількості пар $K_{1,j}$ і $K_{2,j}$ утруднює появу функції (4.2)-(4.3), що приводить до збільшення об'єму попередніх економічних досліджень.

Різка зміна темпу зростання або зниження витрат приблизно характеризує [18] ступеневі і показові функції виду:

$$R(y,l) = K \Delta^n, \quad (4.4)$$

$$R(y,l) = K \Delta^n, \quad (4.5)$$

де $\Delta(d) = |y-l|$, тобто $\Delta(d)$ – конкретна помилка рішення L .

Необхідно відмітити, що ризик застосування апроксимації (4.4) і (4.5) без достатньої основи, особливо великий, якщо дані рівняння використовуються із екстраполяційною метою.

В ряді випадків застосовуються логарифмічна схематизація функції витрат:

$$R(y,l) = K \lg \Delta. \quad (4.6)$$

Очевидно, що в загальному випадку залежність (4.4)-(4.6) застосовують лише з використанням набору коефіцієнтів K_j , які враховують особливості змінювання витрат $R_{yh,lk}$ в конкретному j -ому інтервалі діапазону варіації величини Y .

Розглянуті залежності не описують усіх варіантів, які зустрічаються на практиці. Наприклад, можливі умови, коли зустрічаються лінійні і квадратичні залежності функції витрат із ненульовим пороговим рівнем, лінійно квадратичні витрати і інші. [12]

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

Так, при вирішуванні питань про можливість перевищення рівня води відмітки захисної дамби $H_{оня}=340$ см, наслідки господарських рішень при $l_1=300$ см та $l_2=360$ см (при здійсненні рівня $H_{\phi}=330$ см) непорівнянні, хоча в обох випадках абсолютна помилка складає $|y-l|=30$ см. Господарське рішення l_1 можливо тлумачити як відмовлення споживача від виконання всього комплексу захисних заходів (наприклад, підсипка до вказаних відміток); отже при $H=330$ см затоплення об'єкту неминуче, що відповідає витратам R_{H,l_1} . При господарському рішенні l_2 виконується комплекс захисних заходів у відповідності до можливості здійснення $H=360$ см. При рішенні l_2 споживачем виконуються захисні роботи, які призводять до

надмірних економічних витрат $R_{H,12}$. Вони можуть бути суттєвими тому, що прийняти перевищені захисні міри ($H < l_2$), однак немає сумніву, що $R_{H,1} \gg R_{H,12}$.

Функції витрат, які виникають в результаті помилки рішення про захист від затоплювання промислових об'єктів, населених пунктів та інше, є залежностями із чітко вираженою властивістю асиметрії. В загальному випадку **симетричність функції витрат – це незалежність від знаку як помилки рішення, так і відхилення фактичного значення Y від норми.** У випадку, коли функція витрат симетрична, виконується умова:

$$R(y-l, y-y_{cep}) = R(|y-l|, |y-y_{cep}|). \quad (4.7)$$

Наприклад, залежності (4.2)-(4.3) симетричні у випадку $K=K_1=K_2$ або $B=B_1=B_2$. Функції витрат (4.4-4.6) симетричні, оскільки при розрахунках береться абсолютна величина помилки $\Delta = |y-l|$.

Другою важливою властивістю функції витрат є відмінність цих залежностей. **Відмінність – це незалежність витрат від аномалії фактичного значення Y ,** тобто від відхилення $(Y-Y_{cep})$. Функція відмінна, якщо виконується рівність[^]

$$R(y-l, y-y_{cep}) = R(y-l). \quad (4.8)$$

Симетричні і асиметричні функції витрат можуть бути як відмінними, так і не відмінними. Наприклад, при виконанні умови:

$$R(y-l, y-y_{cep}) = R|y-l| \quad (4.9)$$

функція симетрична і відмінна.

Необхідно відмітити, що реальні функції витрат, як правило, не мають властивостей симетричності та відмінності, але у тих випадках, коли попередні дослідження показують на виконання рівнянь (4.7) або (4.8) об'єм гідролого-економічних розрахунків для виявлення виду залежності $R(y,l)$ може бути скорочений тому, що зникає необхідність оцінки економічних наслідків помилок рішення обох знаків. Встановлений факт відмінності функції $R(y,l)$ припускає повну відмову від врахування впливу аномалії величини Y і суттєво знижує працездатність визначення параметрів розрахункового рівняння. Необхідно також підкреслити, що при досягненні деяких критичних значень величини Y і різниці $(Y-L)$ функція витрат може набрати властивості, які не характерні для більшої частини діапазонів Y і $(Y-L)$.

Викладені в цьому розділі відомості дають лише деякі уявлення про функції витрат та їх властивості. Чітке значення властивостей якої-небудь із цих функцій суттєво скорочує об'єм гідролого-економічних розрахунків при прийнятті оптимального господарського рішення. Реальні функції витрат $R(y,l)$ в аналітичній формі представити надзвичайно важко. Досить часто можливі умови, коли при одній і тій же різниці $|y-l|$ витрати відрізняються в залежності від значень y . В той же час, пошук найбільш допустимого господарського рішення вимагає попередньої оцінки витрат при здійсненні комбінацій “рішення (l_k) – фактичне значення (y_j)”, при цьому c – кількість розглянутих рішень, d – число розривних діапазонів варіації величини Y , причому y_j – середньо-інтервальне значення гідрологічної величини. Такі таблиці називають **матрицями витрат**.

Для прикладу приведемо найпростішу із подібних матриць. Розіб'ємо діапазон варіації гідрологічної величини Y на d інтервалів та візьмемо в розрахунок c рішень, в цьому випадку необхідно виконати cd

комбінацій гідролого-економічних розрахунків, в нашому прикладі $d=4$, $e=4$.

Таблиця 4.1 – Аналітична матриця витрат $R=||R_{yj, lk}||$ (при $d=4$, $c=4$)

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}

В таблиці 4.1 "діагональні" значення витрат R_{11} , R_{22} , R_{33} , R_{44} , дорівнюють нулю тому, що відповідають комбінаціям, які характеризують співвідношення рішень та реалізованих значень Y (ідеальні рішення). Вся решта витрат $R_{yj, lk} > 0$.

Платіжна матриця витрат – це таблиця економічних витрат, які виникають в результаті невідповідності між узятими в розрахунок і фактичними характеристиками гідрологічного явища або процесу. В платіжних матрицях витрат 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 чи ні, а також – наскільки велика була помилка рішення $y_j - l_k$.

Матричний спосіб вираження функції витрат потребує виконання відносно невеликого об'єму гідролого-економічних розрахунків (досліджень). Основний недолік матричного підходу заключається в тому, що безперервна функція $R(y, l)$ виражається у дискретній формі. Отже,

результат оптимізаційного розрахунку залежить від кількості розглянутих при складанні матриці комбінацій cd .

4.3 Матриця умовних ймовірностей

Платіжна матриця витрат 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.4.1). Якщо мова йде про оптимізаційні розрахунки на основі прогностичної інформації, то імовірність 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:

$$p = \left\| p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) \right\|, \quad (4.10)$$

де Δy – половина інтервалу.

Для наближеної оцінки явищ або процесів в ряді випадків досить розбити на три інтервали увесь діапазон змінювання прогностичної величини Y , яка може бути отримана за допомогою даного методу прогнозування (більше норми, близько до норми, менше норми); при розділенні діапазону величини Y на п'ять інтервалів ($d=5$) та подання прогностичної інформації в діапазоні трьох інтервалів, матриця умовних ймовірностей може мати наступний вигляд:

Таблиця 4.2 – Матриця умовних ймовірностей

y_1	y_j				
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
y_1	p_{11}	p_{21}	p_{13}		
y_2		p_{22}	p_{23}	p_{24}	
y_3			p_{33}	p_{34}	p_{35}

Під час прогнозу y_1 , тобто в умовах попереднього обчислювання підвищення водності, імовірності реалізації значень y_4 і y_5 невеликі і в практичних розрахунках можуть дорівнювати нулю, тоді і $p_{14} = 0$, $p_{15} = 0$. Також незначні імовірності здійснення значень y_1 і y_5 під час прогнозу середньої водності y_2 та значень y_1 , y_2 під час прогнозу зниженої водності. Розрахунок умовних ймовірностей може бути виконаний графічно із використанням умовної кривої забезпеченості. Однак в більшості випадків використовують одну функцію (закон розподілу) як апроксимацію розподілу похибок прогнозів. Якщо похибки прогнозування належать до нормального закону розподілу, умовна імовірність попадання гідрологічної величини Y в j -й інтервал дорівнює:

$$p((y_j \pm \Delta y) | y_1') = \frac{\Phi\left(\frac{y_j + \Delta y - y_1'}{S_{y1}}\right) - \Phi\left(\frac{y_j - \Delta y - y_1'}{S_{y1}}\right)}{\Phi\left(\frac{y_{\max} - y_1'}{S_{y1}}\right) - \Phi\left(\frac{y_{\min} - y_1'}{S_{y1}}\right)}, \quad (4.11)$$

де $\Phi(\dots)$ – позначення інтервалу Гауса, S_{y1} – середньоквадратична похибка прогнозування в умовах випуску i -го прогнозу y_{\max} , y_{\min} – узяті для практичних розрахунків межі варіації величини Y .

4.4 Критерії оптимізації господарських рішень

Імовірність прийняття ідеального господарського рішення дуже мала і максимум корисності θ_j в кожному окремому випадку практично недосяжний. Процес прийняття найбільш вигідного рішення називається **оптимізацією**, а шукане рішення – **оптимальним**. В однакових обставинах оптимізація приводить до неоднакових рішень в залежності від взятого критерію.

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

Критерій мінімакса – це критерій, який диктує вибір рішення, мінімізуючи максимальні витрати. Мінімакський критерій потрібен під час прийняття крайніх дій, по безумовному перетворенню неблагонадійного впливу особливо небезпечного природного явища, незалежно від початкових умов. Даний критерій, який обумовлює достатньо радикальну позицію споживача, використовується в тих випадках, коли невідома умовна імовірність здійснення ОНЯ або розрахунок такої імовірності виконується з похибками, які призводять інформативність оцінки практично до нуля.

Байесова стратегія. Стратегія, на відмінну від рішення – не одноразовий захід, а принцип (алгоритм дії), який споживач використовує при прийнятті господарських рішень на протязі достатньо довгого процесу господарювання [17]. Стратегія називається чистою, якщо будь-який 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 сукупності відповідно заданому розподілу ймовірностей [12]. Часто змішана стратегія зводиться

до одночасного здійснення декількох дій у пропорціях, рівних відповідним ймовірностям.

Байесова стратегія зводиться до мінімізації середніх статистичних витрат:

$$R_{сер}(l_0) = \min_{\langle l \rangle} R_{сер}(l), \quad (4.12)$$

де $\min_{\langle l \rangle} R_{сер}(l)$ – мінімальне значення середньостатистичних витрат, обчислених при умові прийняття усіх можливих рішень; l_0 – оптимальне рішення.

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

$$D(l_0) = \min_{\langle l \rangle} D(l). \quad (4.13)$$

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

Критерій мінімальної імовірності найбільш великих витрат. Даний критерій є найбільш обережною стратегією, яка дозволяє запобігти дуже приблизних розрахунків:

$$p(l_0)(R_{сер} > R') = \min_{\langle l \rangle} p(l)(R_{сер} > R'), \quad (4.14)$$

де $\min_{\langle l \rangle} p(l)(R_{cep} > R')$, – мінімальна імовірність реалізації середньостатистичних витрат, перевершуючий рівень витрат R' .

Необхідно відмітити, що оптимізація може здійснюватися не тільки в напрямку мінімізації витрат, але і в напрямку, наприклад, максимізації виграшу G [17].

Застосування критерію (4.12) передбачає обчислення середніх (імовірних) витрат при всіх рішеннях l_k . Розрахунок таких витрат аналогічний розрахунку норми гідрологічної величини.

$$y_{cep} = \int_{y_{min}}^{y_{max}} y f(y) dy, \quad (4.15.)$$

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

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

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(y-y_{cep})^2}{2\sigma^2}}. \quad (4.16)$$

Середні статистичні витрати $R_{cep}(l_k)$ визначаються за схемою аналогічною до (4.15) із заміною значень y конкретними реалізаціями витрат при рішенні l_k та здійсненні різноманітних значень y від y_{min} до y_{max} :

$$R_{cep}(l_k) = \int_{y_{min}}^{y_{max}} y f(y) dy. \quad (4.17)$$

Величина середніх (імовірних) витрат $R(l)$ в свою чергу є функцією та змінюється із зміною рішення L . Найменше значення середньої витрати $R(l_k)$ набуває при оптимальному рішенні $l_k=l_{ko}$. Рішення називається оптимальним, якщо в умовах більшості можливих результатів воно приводить до найменших (імовірних) витрат.

При оптимальному рішенні похідна функції $R_{сер}(l)$ дорівнює нулю:

$$\left. \frac{dR_{сер}}{dl} \right|_{l=l_0} = 0. \quad (4.18)$$

Байесова стратегія, а саме цьому критерію відповідають (4.17) і (4.18) широко застосовується при виконанні гідролого-економічних розрахунків при оптимізації господарських рішень. Так, графічний засіб виявлення гідрологічних залежностей заснований на мінімізації суми відхилень від середньостатистичної лінії зв'язку. Кожне таке відхилення є своєю витратою, а саме невідповідність узятій закономірності та результату розрахунків. Наприклад, рішенням L при лінійній залежності $y=ax+b$ є кут нахилу лінії зв'язку, яка проходить через точку $y=y_{сер}, x=x_{сер}$. При оптимальному куті нахилу $\alpha=\alpha$ суми відхилень двох знаків мінімальні і при достатньо великому підборі даних дорівнюють один одному за абсолютним значенням, а середнє абсолютне відхилення $R(\alpha) = \min_{<\alpha} R_{сер} < \alpha$.

4.5 Оптимізаційний розрахунок в матричній формі

Загальна схема оптимізаційного розрахунку на основі прогностичної інформації залишається незмінною і відповідає в залежності, від узятого

критерію, схеми обчислення (4.12), (4.17)-(4.18) або (4.12), (4.13). Відмінність лише в тім, що функція розподілу $f(y)$ повинна бути замінена умовним розподілом ймовірностей $\varphi(y|y_1')$. В межах байесової стратегії середньостатистичні витрати при рішенні l_k та прогнозі y_1' , складають:

$$R_{cep}(y_1', l_k) = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} R(y, l_k) \varphi(y|y_1') dy. \quad (4.19)$$

В матричній формі розрахунок середньостатистичних витрат аналогічний за (4.19) і виконується за схемою:

$$R_{cep}(y_1', l_k) = \sum_{j=1}^{j=d} p((y_j \pm \Delta y)|y_1') R_{cep, lk}. \quad (4.20)$$

Оптимальним є рішення l_k , при якому обчислені за формулою (4.20) витрати є найменшими:

$$R_{cep}(y_1', l_{1,0}) = \min_{\langle k \rangle} R_{cep}(y_1', l_k). \quad (4.21)$$

Для побудови загальної стратегії господарювання, на основі прогнозів Y і виявленої функції витрат $R(y, l)$ в доповнення до табл. 4.1 і 4.2 складається матриця стратегії [6.8].

Припустимо, оптимізаційні розрахунки показали, що $l_{1,0} = y_1' - 2\Delta y$ (нехай діапазони варіації величин Y , Y' , L розбиті на однакові інтервали, тобто $\Delta y = \Delta y' = \Delta l$). Споживачу, діяльність якого описана функцією витрат $R(y, l)$ вигідно призначити режим роботи об'єкту, виходячи із значення $l_{1,0}$,

меншого ніж передбачено прогнозом y_1' . Якщо $y_1=l_1$, $y_2=l_2$, $y_3=l_3$, тоді матриця стратегії можлива у вигляді табл. 4.3. Значення середніх витрат $R_{cep,1,0}$, $R_{cep,2,0}$ і $R_{cep,3,0}$ – найменші в кожному рядку таблиці стратегії. Ці витрати, при умові використання конкретного методу прогнозування і збереження техніко-економічних показників споживача, слід визнати немінучими в середньостатистичному розгляді.

Таблиця 4.3 – Матриця стратегій середніх витрат $R_{cep}(y_1', l_k)$

y_1'	l_k			
	l_1	l_2	l_3	l_4
y_1'	R_{cep11}	R_{cep10}	R_{cep13}	R_{cep14}
y_2'	R_{cep21}	R_{cep22}	R_{cep20}	R_{cep24}
y_3'	R_{cep31}	R_{cep32}	R_{cep33}	R_{cep30}

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

Платіжна матриця витрат має той же вигляд, що і табл. 4.1. Відмінність є в тому, що в залежності від поставленої задачі, рішення l_k можуть не брати весь діапазон варіацій величин Y , обмежуючи споживача певними зонами, наприклад, витратами (рівнями) води рідкої повторюваності, що є загрозою 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. 4.4). Нехай, проведений розрахунок середніх (ймовірних) витрат на основі інформації про функції витрат (табл. 4.1.) та багаторічних ймовірностях господарювання гідрологічної величини Y в той чи інший інтервал (табл. 4.4). Припустимо, що $y_2=y_{сер}$, рішення $l_3=y_{сер}$, тоді середньостатистичні витрати $R_{сер}(l_3)$ дорівнюють:

$$R_{сер}(l_3) = \sum_{j=1}^4 p(y_j \pm \Delta l_3) = p'_1 R_{13} + p'_2 R_{23} + p'_3 R_{33} + p'_4 R_{43}. \quad (4.22)$$

Табл. 4.4 – Матриця безумовних ймовірностей $p' = \|p(y_j \pm \Delta y)\|$ при розбитті діапазону варіації величини Y на $d=4$ інтервалу

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

Аналогічно до (4.22) обчислюються витрати $R_{сер}(l_1)$, $R_{сер}(l_2)$, $R_{сер}(l_4)$.

Тільки в конкретному випадку, при симетричності функції $R(y, l)$, витрати $R_{сер}(l_3)$, будуть мінімальними із чотирьох визначених значень $R_{сер}(l_k)$. В нашому прикладі оптимальним буде рішення $l_0=l_k$, при якому виконується рішення:

$$R_{сер}(l_0) = \min_{\langle k \rangle} R_{сер}(l_k). \quad (4.23)$$

Витрати $R_{сер}(l_0)$ характеризують, наприклад, середній багаторічний рівень збитку в результаті помилок рішення L . Оцінка таких витрат дуже важлива тому, що є показником найбільш сприятливого за економічним

ефектом стратегії споживача без врахування прогностичної інформації. Використання гідрологічних прогнозів припускає значне зниження середньостатистичних витрат споживача порівняно із $R_{сер}(l_0)$.

Література

1. [6] с. 34-40, 42-48.
2. [7] с. 167-177.
3. [8] с. 125-131.
4. [11] с. 119-15, 200-215.
5. [17] с. 213-227.
6. [18] с. 111-119, 146-153.

Контрольні запитання

1. Що таке ідеальне, не обґрунтоване і оптимальне рішення?
2. Дайте визначення терміну “витрати”.
3. Дайте визначення наступних властивостей функції витрат: “симетричність” та “відмінність”.
4. Критерії оптимізації господарських рішень.
5. Чим відрізняються “рішення” і “стратегія” споживача?
6. В чому зміст байесової стратегії?
7. В яких випадках доцільно мінімізувати середні квадратичні витрати?
8. Чи завжди при виборі рішення береться в розрахунок увесь діапазон змінювання гідрологічної величини?
9. Дайте визначення таких понять: “платіжна матриця витрат”; “матриця умовних ймовірностей”; “матриця стратегій”.

10. В чому відміна у виконанні оптимізаційних розрахунків на основі нормативної і прогностичної гідрологічної інформації?

11. Що є основним гідрологічним матеріалом при виконанні оптимізаційних розрахунків на основі даних режимного характеру?

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА

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.

5.1 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 [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.

5.2 Загальна схема розрахунків економічної ефективності

Оцінка економічного ефекту від застосування гідрометеорологічної інформації в процесі виробки господарських рішень регламентується загальнодержавною методикою виконання подібних розрахунків [46,49,54]. 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 (С)** – 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:

$$П = C + E_n K. \quad (5.1)$$

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:

$$K = \sum_{n=1}^t K_t (1 + g)^{t-n}, \quad (5.2)$$

де $g=0,08$.

Необхідно відзначити, що в (5.1) $E_n K$ – капіталовкладення в виробничі фонди, які відносяться до річного циклу за допомогою коефіцієнтів E_n .

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

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (5.3)$$

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 $Z_{don} = K_2 - K_1$.

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

$$C + E_H K \rightarrow \min. \quad (5.4)$$

Це викликає необхідність розраховувати декілька варіантів рішення поставленої економічної задачі і визначити найкраще із них, при якому втрати у відповідності до умови (5.4) 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 [45, 49]. 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_H запроваджується міністерством економіки або аналогічним урядовим органом за різними видами споживачів. Стосовно до гідрометеорологічної інформації, коефіцієнт $E_H = 0,15$ для оцінки економічного ефекту від використання деяких режимних досліджень, наприклад, даних по Світовому океану, рекомендується $E_H = 0,10$ [32]. Суть таких регламентацій в обмеженості строку окупності капітальних вкладів установленими нормативними проміжками часу:

$$T_H = \frac{1}{E_H}. \quad (5.5)$$

В середньому в різних галузях народногосподарського комплексу нормативний строк окупності T_n дорівнює 7-10 років [13].

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

$$E = N(P_1 - P_2) - E_H Z_{mn}, \quad (5.6)$$

де P_1 і P_2 – приведені затрати споживача гідрометеорологічної інформації при базовому і новому рішеннях; N – число аналогічних господарських об'єктів; Z_{mn} – перед виробничі затрати структурних підрозділів гідрометслужби.

Підкреслимо, що формула (5.6) – 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 впровадженої гідрометеорологічної інформації вираз (5.6) можна представляти у різних модифікаціях [27].

Для оцінки тієї частини економічного ефекту, яка може бути зарахована у вигляді активу підрозділів гідрометеорологічних служб, значення параметра E , обчисленого за формулою (5.6), можна перерахувати за декілька модифікованою формулою із використанням коефіцієнта β , який є частиною внеску гідрометеорологів в створення матеріальних цінностей в сфері виробництва конкретного споживача. В цьому випадку вираз (5.6) має вигляд

$$E_2 = \beta N(P_1 - P_2) - E_H Z_{mn}, \quad (5.7)$$

В наш час діють рекомендації для визначення параметра β – “Економічна ефективність від використання гідрометеорологічної інформації в народному господарстві – Н УГМО-5/280, від 20.03.78” [25, 32]. Економічна ефективність використання споживачем гідрометеорологічної інформації кількісно показана відношенням

$$P = \frac{E_2}{E_H Z_m}. \quad (5.8)$$

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”.

5.3 Оцінка повторюваності господарського рішення

Розрахунок середньостатистичних втрат споживача при використанні прогностичної інформації потребує визначення імовірностей здійснення початкових ситуацій. Очевидно, ці імовірності 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

$$D_y = D_{y'} + S_y^2 + 2r_{\Delta y', y'} \sigma_{y'} S_y \quad (5.9)$$

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 (5.9) змінюваність гідрологічної величини Y' обчислюється за формулою

$$\sigma_{y'} = \sqrt{D_{y'} - S_y^2 - 2r_{\Delta y', y'} \sigma_{y'} S_y}. \quad (5.10)$$

Припустимо, що розподіл величини Y' відповідає нормальному закону (розподілу Гауса), то імовірність попадання прогностичної величини в i -й інтервал $p = (y_j \pm \Delta y)$ можна визначити відповідно виразу (4.10).

Таблиця 5.1 - 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. (5.1.) характеризують повторюваність оптимальних рішень $l_{i,0}$ і $l'_{i,0}$ на основі прогнозу y'_1 .

5.4 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

$$\begin{aligned} R_{cep0,y'} &= \sum_i \sum_j p(y'_i \pm \Delta y) p((y'_i \pm \Delta y) | y'_i) R_{yji,0} = \\ &= \sum_i p(y'_i \pm \Delta y) R_{y'ili,0}. \end{aligned} \quad (5.11)$$

Втрати $R_{cep0,y'}$ замінюють оцінку приведених втрат споживача гідрометеорологічної інформації при новому рішенні Π_2 у виразах (5.6) і (5.7). Ймовірно – це неминучі втрати, які несе споживач в певний період, відповідний за тривалістю завчасності прогнозу Y' . Повертаючись до формули (5.7), економічний ефект E_z від прогностичної інформації складає

$$E_z = \beta [R_{cep}(l_0) - R_{cep0,y'}] - E_H Z_{nn}, \quad (5.12)$$

де $R_{сер}(l_0)$ – 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_z виконується таким чином

$$E_z = \beta [R_{сер}(l_0) - R_{сер0,y'}] - Z_{nn}. \quad (5.13)$$

Оцінка економічної ефективності забезпечення водокористувача конкретною прогностичною інформацією виконується за формулою (5.8).

5.5 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 $C_{2,0}$:

$$P_{2,0} = C_{2,0} + E_H K_{2,0}. \quad (5.14)$$

Схема розрахунку економічного ефекту використання гідрологічної інформації аналогічна (5.6) 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 [4, 13, 14, 19, 32].

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

$$C_{1,пош} = Z_{1,пош} + Z_{1,обр}. \quad (5.15)$$

Використання нормативних документів Держкомгідромета зменшують витрати споживача на пошуки

$$C_{2,пош} = Z_{2,пош} + Z_{2,обр}. \quad (5.16)$$

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

$$E_{пош} = N(C_{1,пош} - C_{2,пош}) - E_H Z_{пр}. \quad (5.17)$$

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 Держкомгідромету України. В даному варіанті господарювання виникає небезпека аварії на проектованому 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 (5.6) величину

$$E_{дол} = \beta N [E_H (K_1 - K_{2,0}) + C_a], \quad (5.18)$$

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 (5.18) $C_a > 0$, якщо $K_1 > K_{2,0}$ (залишковий “запас міцності”), врахування попередніх виробничих затрат виконаний Z_{nm} , виконаний при оцінці ефекту $E_{зал}$ у виразі (5.17). Загальний економічний ефект використання нормативної інформації при проектуванні дорівнює

$$E_{\Gamma} = E_{ном} + E_{дон} + \beta N(C_1 - C_{2,0}), \quad (5.19)$$

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

5.6 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 [14, 25, 27]. 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 [15]

$$\chi(\eta) = 1 - \frac{\sigma_0(\eta)}{\sigma(\eta)}. \quad (5.20)$$

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, скласти 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. 5.5. цього конспекту.

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 [49].

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.

Література

1. [4] С. 31-39, 54-58.
2. [13] С. 49-55.
3. [14] С. 130-134, 157-178.
4. [49] С. 165-177, 180-193, 213-221.

Запитання для самоперевірки

1. В чому полягає потенціальна корисність гідрометеорологічної інформації?
2. Дати визначення основних термінів Z_{nn} , K , C , $Z_{дон}$.
3. Що позначає нормативний коефіцієнт ефективності E_n ?
4. З чого складаються попередні виробничі втрати Z_{nn} ?
5. Дайте визначення таких термінів як “базовий” і “новий” варіанти господарювання. Що таке “нульовий базис”?
6. Що таке економічний ефект?
7. Що таке матриця ймовірностей випуску різноманітних прогнозів?
8. Як розраховується економічна ефективність при використанні нормативної гідрологічної інформації?
9. В яких випадках (при яких величинах корисності прогнозів) джерело інформації дає: абсолютно корисну, корисну інформацію, не дає інформації, дає шкідливу (збиткову) інформацію?

6 ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА

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

$$\begin{aligned} P &= \Phi(K, T, S), \\ C &= \Omega(K, T, S). \end{aligned} \tag{6.1}$$

Тут P – 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:

$$\begin{aligned} \Pi &= A \cdot K^{\alpha_1} \cdot T^{\beta_1} \cdot S^{\gamma_1}, \\ C &= B \cdot K^{\alpha_2} \cdot T^{\beta_2} \cdot S^{\gamma_2}. \end{aligned} \quad (6.2)$$

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

$$\begin{aligned} \Delta \Pi &= \frac{\delta \Pi}{\delta K} \Delta K + \frac{\delta \Pi}{\delta T} \Delta T + \frac{\delta \Pi}{\delta S} \Delta S = 0, \\ \Delta C &= \frac{\delta C}{\delta K} \Delta K + \frac{\delta C}{\delta T} \Delta T + \frac{\delta C}{\delta S} \Delta S = 0. \end{aligned} \quad (6.3)$$

Тут: ΔK і ΔT додаткові капіталовнески і трудові затрати, які визначаються згідно рекомендації [31]. 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 (6.3) маємо

$$\Delta T = \frac{\delta \Pi / \delta S}{\delta \Pi / \delta T} \Delta S. \quad (6.4)$$

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

$$\Delta C = \left(\frac{\delta C}{\delta S} - \frac{\delta \Pi / \delta S}{\delta \Pi / \delta T} \frac{\delta C}{\delta T} \right) \Delta S. \quad (6.5)$$

З урахуванням знаків похідних на основі аналізу виразу (6.5) 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 (6.3) отримуємо

$$\Delta K = - \frac{\delta \Pi / \delta S}{\delta \Pi / \delta K} \Delta S. \quad (6.6)$$

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

Зміна собівартості ΔC записується у вигляді

$$\Delta C = \left(\frac{\delta C}{\delta S} - \frac{\delta \Pi / \delta S}{\delta \Pi / \delta K} \frac{\delta C}{\delta K} \right) \Delta S. \quad (6.7)$$

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

$$\frac{\delta\Pi/\delta K}{\delta C/\delta K} > \frac{\delta\Pi/\delta S}{\delta C/\delta S}, \quad (6.8)$$

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.

Література

1. [4] С. 7-12, 104-118, 180-187, 225-229.
2. [31] С. 78-80, 83-91.

Запитання для самоперевірки

1. На якій основі пов'язуються вимоги галузей і об'єктів господарювання до водного режиму та використання водотоків?
2. З чого складаються витрати на видобування ресурсів?
3. Як проводити економічну оцінку природного ресурсу у виробничій діяльності?
4. Що визначає ефективність капітальних внесків?
5. Як повинна виконуватися оцінка ефективності заходів по використанню водного середовища?

7 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІЗНОМАНІТНИХ ГАЛУЗЕЙ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

7.1 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 [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 відрізнити: 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 Укргідромету беруть участь в плануванні та забезпеченні метеорологічної і гідрологічної інформації основних заходів, які проводяться управліннями лісового господарства.

Однак найбільшій 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. [49, 53]

$$G = \sum_{i=1}^n T \cdot d, \quad (7.1)$$

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 (7.1) можна скористатися дефіцитом точки роси $T-T_d$. Для практичної зручності при складанні прогнозу горіння використовують шкалу горіння лісу (табл. 7.1). Необхідно підкреслити, що горіння IV і V класів внесено до списку небезпечних явищ.

Таблиця 7.1 - Шкала горіння лісу [49,50]

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

7.2 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 прогнозувати достатньо досконало вивчити характер вантажних перевезень, специфіку перевезень, час, необхідний для проходження даної ділянки водного 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 м³/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 [2,10].

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.

7.3 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 ГЕС. 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 (5.17)-(5.20). Практичні розрахунки економічної ефективності шляхом порівняння базового і оптимального “пакунків” гідрометеорологічної інформації не використовуються тому, що відомо, що звірені нормативні дані багаторазово окупають витрати на їх отримання. Як приклад можна навести відомості [32] 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 [13]. 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 квартальних 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:

$$\Delta R_{y_{cep}, y} = R_{y_h, y_{cep}} - R_{y_h, y'}, \quad (7.2)$$

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

$$R_{y_h, y_{cep}} = \theta y_h - \theta y_{h, y_{cep}}, \quad (7.3)$$

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

$$R_{y_h, y'} = \theta y_h - \theta y_{h, y'_{cep}}, \quad (7.4)$$

θy_h , $\theta y_{h, y_{cep}}$, $\theta y_{h, y'}$ аналогічно із виразом (4.1) – 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'юктурну 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 (7.2) - (7.4) 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 $R = ||R_{y,l}||$ 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 [13].

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 (Γ) за двома параметрами [13,35]:

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 7.2 - Матриця втрат вироблення електроенергії $R_{k_{k\phi}, j_{j_Q}}$
 $k_{k\phi}, j_{k\phi}$

при 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.7.2 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.7.3 $p = \left\| p(y_j \pm \Delta y) | y'_i \right\|$. 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 $p = \left\| p(y_j \pm \Delta y) | y'_i \right\|$ трансформується в табл.7.3.

Розрахунок середніх втрат $R_{сер}(y'_i, l_k)$ та $R_{сер}(l_k)$ відбувається аналогічно за схемами (4.20) і (4.24). середньоквадратичні втрати вироблення електроенергії при прогнозі гідрографа $\Gamma'_{i_Q i_{k\phi}}$ і рішення $l_{kQ k\phi}$ складають

$$\begin{aligned}
 R_{сер}(\Gamma'_{i_Q i_{k\phi}}, l_{kQ k\phi}) &= \\
 &= \sum_{j_Q} \sum_{j_{k\phi}} p((Q_{i_Q} \pm \Delta Q) | Q'_{i_Q}) \cdot p(k\phi_j \pm \Delta k\phi) | k\phi'_i, Q'_{i_Q}, Q_{j_Q} \times \quad (7.5) \\
 &\times R_{\Gamma'_{j_Q j_{k\phi}, l_{kQ k\phi}}} = \sum_{j_Q} \sum_{j_{k\phi}} P_{i_Q} \frac{j_Q}{i_{k\phi}} \frac{j_Q}{j_{k\phi}} \cdot R_k \frac{j_Q}{k_{k\phi}} \frac{j_Q}{j_{k\phi}}
 \end{aligned}$$

Таблиця 7.3 - Матриця умовних ймовірностей здійснення

очікуваного гідрографа:

$$p(\Gamma_{j_Q j_{k\phi}} | \Gamma'_{i_Q i_{k\phi}}) = p((Q_{j_Q} \pm \Delta Q) | Q'_{i_Q}) \times \\ \times (p((k\phi_j \pm \Delta k\phi) | k\phi'_i, Q_{i_Q}, Q_{j_Q}) = p_{i_{k\phi} j_{k\phi}}^{Q_{j_Q}}$$

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.7.3 - 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		
$k\phi_i$	$k\phi_1$	....	$k\phi_{b'}$	....	$k\phi_1$	....	$k\phi_{b'}$
$p(\Gamma_{j_Q j_{k\phi}})$	p'_{11}$	....	p'_{1b'}$	....	p'_{b1}$	....	p'_{bb'}$

Повна економічна ефективність методу прогнозування гідрографа розраховується згідно з (5.11) і (7.5) за виразом

$$R_{сер Q, \Gamma'} = \min_{<1>} \sum_{i_Q} \sum_{i_{k\phi}} \sum_{j_Q} \sum_{j_{k\phi}} p_{i_Q i_{k\phi}} \cdot p_{i_{k\phi} j_{k\phi}}^{Q_{j_Q}} \cdot R_{k_{k\phi} j_{k\phi}}^{Q_{j_Q}} \quad (7.6)$$

Середньостатистичні втрати вироблення електроенергії при оптимальному використанні багаторічної інформації про гідрограф притоку обчислюється аналогічно із (4.26)

$$R_{сер}(l) = \min_{<1>} \sum_{j_Q} \sum_{j_{k\phi}} P'_{j_Q j_{k\phi}} \cdot R_{k_{k\phi} j_{k\phi}}^{Q_{j_Q}} \quad (7.7)$$

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 (5.13), наприклад

$$E_z = \beta [R_{cep}(I_0) - R_{0,\Gamma'}] - Z_{nn}. \quad (7.8)$$

7.4 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 безстикових 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 °С 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 підошви 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. [49,50] в табл. 7.4 наведені характеристика основних небезпечних і особливо небезпечних явищ погоди для залізничного та автомобільного транспорту.

7.5 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 довгочасним.

Таблиця 7.4 - Характеристика небезпечних та особливо небезпечних явищ погоди для залізничного і автомобільного транспорту

Метеорологічне явище	Категорія безпеки*	Кількісні характеристики	Примітки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
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

Продовження табл.7.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
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 небезпеки” наведена відповідно до [49,50].

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 причалів. Часто в цю інформацію вносять суттєві порушення різного роду денівеляції рівнів, на мілководних водоймищах – 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 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).

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

$$\theta = \gamma \sum_{e=1}^{e=n} C_e D_e, \quad (7.9)$$

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

Затрати на вплив та реалізацію продукції, згідно [13], 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 θ на величину

$$F_C = \sum_{m=1}^l \sum_{t=1}^T N_C G_m N_{mt}, \quad (7.10)$$

де T – число днів простою; N_C – вартість утримання судна за добу, відповідно до тону вантажопідйомності [53]; 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 [49, 53]

$$\theta_{y'1}^* = \theta_{y'1} - F_{cy'1} - \sum_{m=1}^l (F_{amy'1} + F_{rmy'1}), \quad (7.11)$$

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:

$$\theta_{y^\wedge 1}^* = \theta_{y^\wedge 1} - F_{cy^\wedge 1} - \sum_{m=1}^l (F_{amy^\wedge 1} + F_{rmy^\wedge 1}). \quad (7.12)$$

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 ще 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

$$\sum_{m=1}^l (\bar{F}_{amy'1} + \bar{F}_{rmy'1}) \ll \sum_{m=1}^l (\bar{F}_{amy^\wedge 1} + \bar{F}_{rmy^\wedge 1}), \quad (7.13)$$

де F – середньостатистичні збитки.

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

Орієнтовну оцінку EE 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».

Література

1. [25] С.292-378.
2. [50] С. 359-412.

Запитання для самоперевірки

1. Які галузі є споживачами гідрометеорологічної інформації?
2. Яка гідрометеорологічна інформація використовується споживачами різних галузей господарства?
3. Який економічний ефект досягається від її використання?
4. Як визначити потенціальну (можливу) і фактичну (досягнуту) економічну ефективність гідрометеорологічного забезпечення галузей народного господарства?

ЛІТЕРАТУРА

(основна)

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.- 390 с.
3. Воробьев Б.В., Косолапов Л.А. Водотоки и водоемы: взаимосвязь экологии и экономики. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.- 271 с.
4. Руководство по оперативному гидрометеорологическому обеспечению народнохозяйственных организаций, 4.1. – М.: Гидрометеиздат, 1972, - 142 с.
5. Пособие по гидрологическим прогнозам. -Л.: Гидрометеиздат.- Вып. 1.-1989. – 357 с.
6. Угренинов Г.Н. Гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства / Учебно-методическое пособие. - Л.: Издательство ЛПИ, 1986.- 83 с.
7. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311 с.

(допоміжна)

8. Багров Н.А. Про хозяйственную полезность гидрометеорологических прогнозов. – Труды ГМЦ СССР. - Вып. 159. - 1975. – С. 101-114.
9. Гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – С. 37-55, 91-102, 122-125.
10. Гидрометеорология и народное хозяйство. – М.: Гидрометеиздат, 1976. – 352 с.
11. Гордиенко А.И., Дремлюг В.В. Гидрометеорологическое обеспечение судоходства: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1989.- 240 с.
12. Городецкий О.А., Сивопляс Г.Г. Экономика, организация и планирование гидрометеорологических работ. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 466 с.
13. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 304 с.
14. Макаров В.А. Экономика гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства (океанологические аспекты). – С-Пб.: Издательство РГГМУ, 1992. – 101 с.

15. Методика комплексной оценки эффективности научно-исследовательских работ в области гидрометеорологии и контроля природной среды. Л.: ГГО им. А.И. Воейкова, 1987. – 156 с.
16. Методические рекомендации по оценке экономического эффекта прогнозов температуры воздуха для теплоэнергоцентралей. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 19 с.
17. Методические указания по ведению государственного водного кадастра. Раздел 1, выпуск 6, части 1, 2. – Обнинск, 1980. – 112 с.
18. 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.
19. Монокревич Е.И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 176 с.
20. Рекомендации по определению себестоимости гидрометеорологической продукции (вторичной информации). – Л.: ГГО им. А.И. Воейкова, 1989. – 39 с.
21. 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.
22. Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 232 с.
23. Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – С. 69-77, 103-127.

ПЕРЕЛІК
скорочень, які прийняті у тексті

АМСЦ	– авіаметеорологічна станція;
АРМГ	– автоматизоване робоче місце гідролога-прогнозіста;
ВНДГМІ СЦД	– Всеросійський науково-дослідний гідрометеорологічний Інститут - Світовий центр даних;
Г	– гідрометеорологічна станція;
ГМБ	– гідрометеорологічне бюро;
ГМО	– гідрометеорологічна обсерваторія;
ГМЦ ЧАМ	– гідрометцентр Чорного та Азовського морів;
ЕВЗ	– екстремально високі рівні забруднення;
КримЦГМ	– Кримський республіканський центр по гідрометеорології;
М	– метеорологічна станція;
МВ УкрНДГМІ	– морське відділення УкрНДГМІ;
МГС	– морська гідрометеорологічна станція;
НЯ	– небезпечні явища;
О	– озерна станція;
РЗП	– різкі зміни погоди;
Росгідромет	– Федеральна служба Росії по гідрометеорології і моніторингу навколишнього середовища;
РЦСПС	– Республіканський центр спостережень за станом природного середовища;
СГЯ	– стихійні гідрологічні явища;
УкрГМЦ	– Український Гідрометцентр;
УкрНДГМІ	– Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут;
ЦГМ	– центр по гідрометеорології;
ЦО	– цивільна оборона.

Конспект лекцій

ЕКОНОМІКА ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ (ГІДРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ)

Сербов М.Г.
Шакірзанова Ж.Р.

Підп. до друку 01.12.2008 Формат 64*84/16 Папір офсет.
Умовн. друк. арк.. 6.10 Тираж 100 прим. Зам.№241

Надруковано з готових оригінала-макетів
ФОП Попова Н.М., м. Одеса, вул. Варненська, 1/1