

УДК 627.512

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ І СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ПАВОДКОВИХ ВОД

Л.М. Заміховський, О.І. Клапоуцук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48000,  
e-mail: [ktsu@nung.edu.ua](mailto:ktsu@nung.edu.ua)

*Проаналізовано сучасний стан методів і систем контролю та прогнозування рівня паводкових вод, що використовуються, а також перебувають на стадіях розробки і впровадження. Наведено один із можливих напрямків розробки методу прогнозування повеней, паводків і підтоплень.*

Ключові слова: контроль, прогнозування, рівень води; автоматизована вимірвальна система; паводок.

*Проанализировано современное состояние методов и систем контроля и прогнозирования уровня паводковых вод, которые используются, а также находятся на стадиях разработки и внедрения. Приводится одно из возможных направлений разработки метода прогнозирования наводнений, паводков и подтоплений.*

Ключевые слова: контроль, прогнозирование, уровень воды; автоматизированная измерительная система; паводок.

*Modern state of the methods and systems of control and projection (prognostication) of the floodwaters level, which are currently used and also are on the stage of development and implementation, has been analyzed. One of the possible ways of development of flooding prognostication has been pointed*

Keywords: water level; outlay; geoinformational system; flood.

Вплив шкідливої дії паводкових вод спостерігається на 27 відсотках території держави (165 тис. кв. км), де проживає майже третина населення. Найбільше від паводків потерпає населення гіських та передгірських районів Карпат, де площа половини освоєних схилів піддається впливу зсувних процесів. Практично не існує жодної території держави, де б не відчувався час від часу негативний вплив паводків (значне підвищення водності річки в межах річного циклу, що виникає нерегулярно; утворюється під час сильних дощів чи під час відлиги) [1, 2]. Це підтверджується статистикою паводків в Україні, починаючи з ХХ століття:

8–9 липня 1911 року внаслідок випадання сильних злив рівень води на р. Прут нижче впадання р. Черемош сягав найвищих позначок, які не були перевищені за весь період гідрометричних спостережень. Максимальна витрата води в цей час біля м. Чернівці становила 5250 м<sup>3</sup>/с, а швидкість поверхневої течії 5–6 м/сек. [3];

30–31 серпня 1927 року у басейні річок Дністра і Пруту кількість опадів сягали понад 300 мм. Зливі опад затопили в низинах 10 міст і багато сіл [3];

1–2 вересня 1941 р. Зливі опад, що охопили весь макросхил, призвели до формування небувалого паводку в басейні річок Дністра, Пруту і Серету. Максимальні рівні води в Дністрі на 1–3 м перевищили найвищі рівні попередніх років [3];

28–30 грудня 1947 р. інтенсивні дощі у верхів'ях річок Тиси, Тересви і Терєблі та різке підвищення температури повітря від –14<sup>0</sup>С до +12<sup>0</sup>С, спричинили інтенсивне танення снігу, висота якого була 400 мм. За добу тут випало 130 мм, а з 28 до 30 грудня випало 255 мм снігу [3];

рівень паводків 7–10 червня 1969 року, який за висотою підняття рівнів перевищив усі попередні паводки, утворився від винятково сильних злив, що охопили весь північно-східний макросхил, площа якого становить 22 тис км<sup>2</sup>. Кількість опадів за даний період місцями перевищувала місячну норму [3];

паводки 12–18 травня 1970 р. сформували інтенсивні дощі у верхів'ях ріки Тиси та на її притоках. Величина опадів у 2–3 рази перевищувала місячну норму і склала 150–200 мм [3];

паводок в басейні ріки Дністра 22–26 липня 1980 р. сформувався інтенсивними зливами, під час яких випало 200–340 мм опадів (більше двох місячних норм). Злива інтенсивністю понад 100 мм охопила площу близько 15 тис км<sup>2</sup> [4];

3–5 березня 2001 р. на території Закарпатської області випало дві норми місячних опадів. Рівні води на деяких річках перевищили на 1,5–2 м рівні паводку 1998 року. Об'єм опадів, які сформували цей паводок, становив 2 млрд м<sup>3</sup> води. Паводок спричинив величезні руйнування та призвів до загибелі 9 чоловік;

23–28 липня 2008 р. – катастрофічний паводок в Україні. 28 липня на території Львівської, Закарпатської, Тернопільської, Чернівецької та Івано-Франківської областей було підтоплено 40 тисяч 601 житловий будинок і 33 882 га сільськогосподарських угідь, пошкоджено 360 автомобільних і 561 пішохідний міст, розмито 680,61 км автомобільних доріг, в результаті чого постраждало 150 тисяч чоловік.

За останні 15 років значні паводки, що призвели до виникнення надзвичайних ситуацій, спостерігалися у 1995, 1997, 1998, 2001, 2008 роках. При цьому середньорічні збитки від паводків у 1995–1998 роках склали 899,3 млн. грн., у 1999–2007 роках – понад 1500 млн. грн., а у 2008 році – близько 6000 млн. грн.

Причини виникнення паводків можна поділити на дві великі групи: природні та антропогенні [1, 2].

Природними причинами виникнення паводкових вод є атмосферні опади, танення снігів.

Паводки на річках України формуються атмосферними опадами, які випадають часто (165–175 днів протягом року). Однак їх формування починається тоді, коли опади перевищують 20 мм на добу. При дуже інтенсивних зливах, під час яких випадає понад 100 мм опадів, паводки часто набувають катастрофічного характеру. Середній рівень снігу в Карпатах 0,6 м, а в окремі роки або на окремих територіях може сягати до 2 метрів, що при інтенсивному таненні також може спричинити катастрофічне підняття води [4].

До антропогенних причин виникнення паводків слід віднести: руйнування природних стоків, розорювання схилів, вирубування лісів. Руйнування природних стоків полягає в незаконному видобутку піску і гравію в руслах рік, будівництві протяжних споруд на схилах (лінійної частини магістральних трубопроводів), штучному осушуванні території. Неправильне розорювання схилів сприяє тому, що дощові або талі води не достатньо затримуються поверхнею, а стікають вниз схилом. Вирубування старих лісів також суттєво зменшують максимально можливий вологовміст території, що збільшує ймовірність розвитку паводків на території водозбору.

Антропогенні причини також виникають і через економічні чинники, тому що недостатність фінансування призводить до поглиблення екологічних проблем; програми реалізуються вкрай незадовільно, а заходи, що здійснюються, спрямовані, здебільшого, на ліквідацію наслідків підтоплення, а не на запобігання його виникненню [1,4].

Економічний механізм реалізації програм не забезпечує їх системного та ефективного виконання. Оскільки в програмі з метою «зменшення навантаження на державний бюджет» середньорічні орієнтовні обсяги фінансування складають 80 млн. гривень, а на період 2011–2020 років – 166 млн. гривень, то це відсуває вирішення проблеми протипаводкового захисту на 2040–2050 роки [1].

Виходячи з викладеного вище, актуальним є завдання (проблема) контролю та прогнозування рівня паводкових вод з метою попередження, або зменшення можливих збитків в аграрному, промисловому та соціальному секторах економіки України від їх наслідків.

Проаналізуємо сучасний стан проблеми контролю та прогнозування рівня паводкових вод.

З гідрологічної точки зору прогнозування паводків – це один з видів гідрологічних прогнозів. Залежно від часу попередження гідрометеорологічні прогнози поділяються на короткострокові (менше 12-15 днів) і довгострокові (з більшою завчасністю) [5].

Методи короткострокового прогнозування базуються на використанні закономірностей

руху води в руслах і закономірностей припливу (стоку) води до досліджуваних ділянок цих русел, а також на розрахунках переміщення і трансформації водного потоку по окремих ділянках річки. За результатами таких прогнозів видається інформація про очікувані максимальні витрати і рівні води. Вихідними даними при цьому є гідрографи (залежності витрат води від часу).

Довгострокові гідрологічні прогнози застосовуються, як правило, для передбачення масштабів дії повені. Методики довгострокового прогнозування максимальних витрат (рівнів) води за період паводка базуються на залежності між величиною витрат і стоком під час паводка, які встановлюються для кожного пункту за матеріалами багаторічних гідрометричних спостережень.

Існуючі методи контролю рівня паводкових вод, які використовують програмне і апаратне забезпечення, можна поділити на:

– ручні методи, а саме: розмітка (в метрах) нарисована на опорах чи лінійці, що розміщені на берегах рік;

– автоматизовані методи контролю, які поділяються на прямі (давачі рівня, автоматизовані вимірювальні станції) та дистанційні методи вимірювання, а саме: космічні (супутникові знімальні системи); авіаційного базування (літаки, гелікоптери) і складають значну частину дистанційних даних, видів зйомок, способів отримання даних за допомогою вимірювальних систем в умовах фізичного контакту з об'єктом зйомки.

Важливо також зазначити, що контроль рівня паводкових вод і розробка нових методів прогнозування не обходиться без математичної обробки.

Для прогнозування рівня паводкових вод сьогодні використовуються такі методи:

– інноваційний алгоритм класифікації зображення на класи «суходіл»/«вода». Цей алгоритм базується на концепції нечітких множин та використанні міри когерентності, що обчислюється на основі інтерферометрії InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar). Недолік методу полягає в необхідності використання декількох зображень для реалізації методології InSAR та складності самої процедури [1, 6];

– нейромережевий метод картографування повеней на основі супутникових зображень. Для сегментації та класифікації радіолокаційних зображень застосовуються нейронні мережі Кохонена, що забезпечують інтелектуальний підхід до аналізу даних. Запропонований підхід протестовано на даних, отриманих з трьох різних супутників: ERS-2, ENVISAT, RADARSAT-1 [1, 7];

– нечітке прогнозування очікуваного збитку від повеней на основі методу екстраполяцій. Пропонується методика нечіткого прогнозування очікуваних збитків від руйнівних повеней на основі екстраполяцій у вигляді кількох трендів, побудованих для різних за початком відліку вибірових рядів динаміки, та застосуванні нечітких множин. Нечіткі множини як-

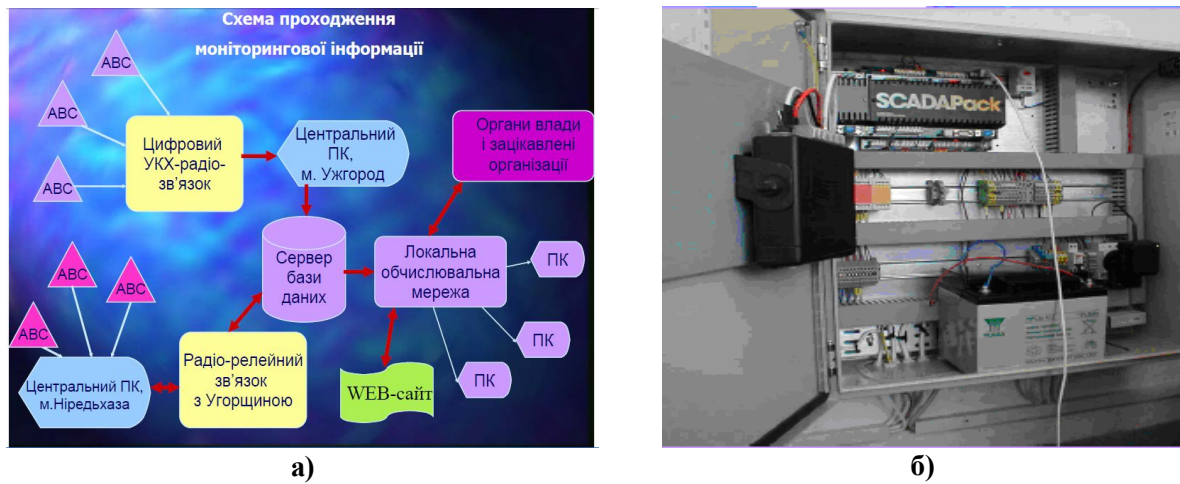


Рисунок 1 – Схема проходження моніторингової інформації та блок збереження результатів вимірювань АІВС «Тиса»

найкраще можуть слугувати математичній формалізації, що подається у вигляді експертних оцінок [8];

– метод вирішення завдань оперативного прогнозування паводків за даними наземних і радіолокаційних вимірювань опадів. Застосування радіолокатора для вимірювання опадів дозволяє одночасно охоплювати великі території і отримувати значний об'єм інформації, яку необхідно опрацювати в реальному масштабі часу [1, 9];

– метод, що використовує часовий ряд з 21 радіолокаційного зображення, отриманого за допомогою PALSAR (працює в L-діпазоні) супутника JERS-1, застосовується для аналізу динаміки затоплених територій. Розроблений метод класифікації базується на обчисленні таких параметрів: середнього значення коефіцієнта зворотного розсіяння по всьому часовому ряді і спеціального коефіцієнта змін. Перший параметр дає змогу грубо класифікувати зображення на різні типи рослинного покриву, а другий – оцінити динаміку змін повені. Точність класифікації запропонованого підходу залежить від кількості зображень в часовому ряді. Наприклад, для досягнення точності класифікації у 90% необхідно обробити не менше 8 зображень [1, 10].

Варто зазначити, що існуючі методи обробки радіолокаційних зображень не позбавлені наступних недоліків: необхідність ручного налаштування порогових значень та параметрів для сегментації зображень; необхідність використання декілька зображень; відсутність просторового взаємозв'язку між пікселями зображення (звичай використовується попиксельна обробка).

Системи прогнозування повеней, які знаходяться в стадіях розробки та впровадження:

– інформаційно-вимірювальна система «Прикарпаття», на розробку якої Державною програмою протипаводкового захисту сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь на 2011 рік виділено 1 млн. грн. Програмою передбачено модернізацію системи гідро-

метеорологічних спостережень у басейнах річок Дністер, Прут і Сірет на території семи областей: Чернівецької, Івано-Франківської, Львівської, Вінницької, Тернопільської, Хмельницької та Одеської. Основне призначення системи – прогнозування розвитку паводків, автоматизоване спостереження за опадами, рівнями води в річках, передача інформації у режимі реального часу на центральний та регіональні центри обробки інформації для можливостей оповіщення населення та відповідного реагування на можливий розвиток паводків [1, 11];

– з травня 2007 року Закарпатським облводгоспом започаткована реалізація проекту INTERREG ІІВ CADSES /TACIS «Покращення системи управління паводками – МОЗЕС». Проект спрямований на зменшення шкоди від паводків та підвищення ефективності управління паводками за допомогою покращення прийняття рішень та вдосконалення засобів координації як на місцевому, регіональному, так і на прикордонному рівнях річок Уж і Латориці [1, 12];

– автоматизована інформаційно-вимірювальна система (АІВС) «Тиса» призначена для оперативного прогнозування гідрографів паводків на ріках басейну за допомогою спеціального математичного, інформаційного і програмного забезпечення; підготовки достовірної прогнозної інформації про параметри паводку і передачу її в автоматичному режимі відповідним службам оповіщення і протипаводковим підрозділам; видачі рекомендацій для прийняття рішень щодо безаварійного пропуску паводків [13].

Схема проходження моніторингової інформації та блок збереження даних вимірювань системі «Тиса» зображені на рис. 1.

До складу системи входять:

технічне забезпечення:

– автоматизовані вимірювальні станції (АВС) – 35 шт.;

– система мікрохвильового радіорелейного зв'язку – 8 рет-рансляторів;

- метеорологічний радар – м. Нопкор, Угорщина;
- метеорологічний супутник “Meteosat” – ЄС, програмне забезпечення:
  - програма “Radar” для роботи з даними метеорологічного радара;
  - програма “ICI sat” для роботи зі знімками з метеорологічного супутника;
  - програма “MS Access 97” та “MS Excel 97” для обробки даних з українських та угорських АВС на робочих місцях.

Вся інформація, що надходить від АВС радара метеосупутника за системою радіорелейного і супутникового зв'язку з території України та Угорщини, накопичується в інформаційному центрі, що знаходиться в м. Ужгород (офісі Закарпатського облводгоспу).

Прогнозування паводкової ситуації відбувається з використанням системи прогнозування Flomatis, яка розроблена і впроваджена в межах міжнародної співпраці з ЄС. Вона інтегрує в одній комп'ютерній системі управління даними і прогнозування паводку та використовує центральну реляційну базу даних для збереження і обробки даних, вхідний параметр моделі та результати моделювання прогнозу.

Процесорний блок моделі прогнозування становить модель опадів – стоку Kalypso, яка дозволяє проведення певного моделювання водного балансу території в залежності від опадів. Концепція моделі базується на послідовній симуляції і математичній суперпозиції індивідуальних гідрологічних процесів спочатку у вертикальному, а потім – у горизонтальному напрямках. Головні процеси у вертикальному напрямку: накопичення снігу, компресія і абляція, утворення перешкод, випаровування, відкладання наносів та накопичення підземних вод. У горизонтальному напрямку моделюється поверхневий і ґрунтовий стік, підземний стік, інфільтрація водних потоків [13].

Для моделювання гідрологічної ситуації на річках увесь баланс Верхньої Тиси розбито на 122 субводозбори, а водні потоки представлені 106 ділянками річок. Кожен субводозбір належить до однієї з трьох регіональних зон (нижина, передгір'я, високогір'я). В межах одного субводозбору ґрунти і землекористування може різнитись, оскільки вони далі структуруються на гідротопи однакового землекористування та ґрунти.

Результати моделі – це гідрографи всіх вертикальних і горизонтальних процесів у кожному субводозборі та між ділянками водостоків, в першу чергу гідрографи стоку. Параметри гідрологічної моделі визначаються довгостроковими періодами (часовий крок – одна доба) і окремими штормовими випадками (часовий крок – одна година).

До складу АВС входять:

- первинні прилади (сенсори, давачі): барометричний (DATAQUA) і радарний (VEGA PulsDRUCK) давачі рівня води;
- давачі рівня опадів LAMBRECHT; давач температури ROTRONIC;

- RTU блок збору інформації та комунікаційний блок, в які функціонально вмонтовано три блоки: SCADA Pack – блок збереження результатів вимірювань та контролер; УКХ радіостанція Motorola та модем; акумулятор і зарядний пристрій;

- блоки захисту майна. Спрацьовує звуковий сигнал при відчиненні дверей і розривах вузлів;

- система електробігріву антени;
- блок енергозабезпечення, в який входять мережа 230 V і акумулятори;

- ретранслятор;
- програма управління процесами збору, збереження та відображення інформації iFIX Dynamics 2,5;

- комп'ютер, що має безпосередній зв'язок з центральним комп'ютером.

Система зв'язку і передачі інформації в межах України здійснюється за допомогою мовного відомчого УКХ – радіозв'язку і цифрового радіозв'язку для передачі інформації з АВС. Зв'язок підтримується за допомогою 8 ретрансляторів і охоплює практично всю населену територію області. УКХ – радіозв'язок працює на частоті 350 МГц і є системою радіального типу. Зв'язок між інформаційними центрами в м. Ужгород і м. Ниредьгаза (Угорщина) підтримується за допомогою двох каналів прямого телефонного зв'язку та одного каналу для передачі комп'ютерних даних. Система працює на частотах 12...13 ГГц. Можлива добудова аналогічної лінії зв'язку між м. Ужгород і м. Кошице (Словаччина).

Метеорологічний радар надає в інформаційний центр поточну інформацію про стан атмосфери над Карпатами і прилеглими територіями ( місцезнаходження і стан дощових хмар, їх висота, опади та інше).

Метеорологічний супутник “Meteosat” надає інформацію про стан атмосфери і земної поверхні, її фотографії, ступінь зволоження тощо.

В Івано-Франківській області планують створити Дністровський інженерно-екологічний полігон для розробки протипаводкових заходів та підвищення екологічної безпеки на території області. Розробником проекту зі створення полігону виступив Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу [13, 14].

Для моделювання паводкових вод може бути використаний програмний комплекс MIKE FLOOD, що створений на базі MIKE 11 і MIKE 21, який дозволяє моделювати паводки і повені, виробляти шляхи евакуації, детально розраховувати прориви гребель, дамб [15].

MIKE 11 моделює карти затоплень, розраховує швидкості і глибини розливу річок і каналів, використовується для моделювання поверхневого стоку, гідравлічного режиму, транспорту наносів і домішок і спеціальних аспектів якості води в системах річок і каналів.

MIKE 21 – двовимірна (2D) модельна система для аналізу течій, хвиль, перенесення домішок і якості води у відкритих водних просторах і прибережних зонах морів.

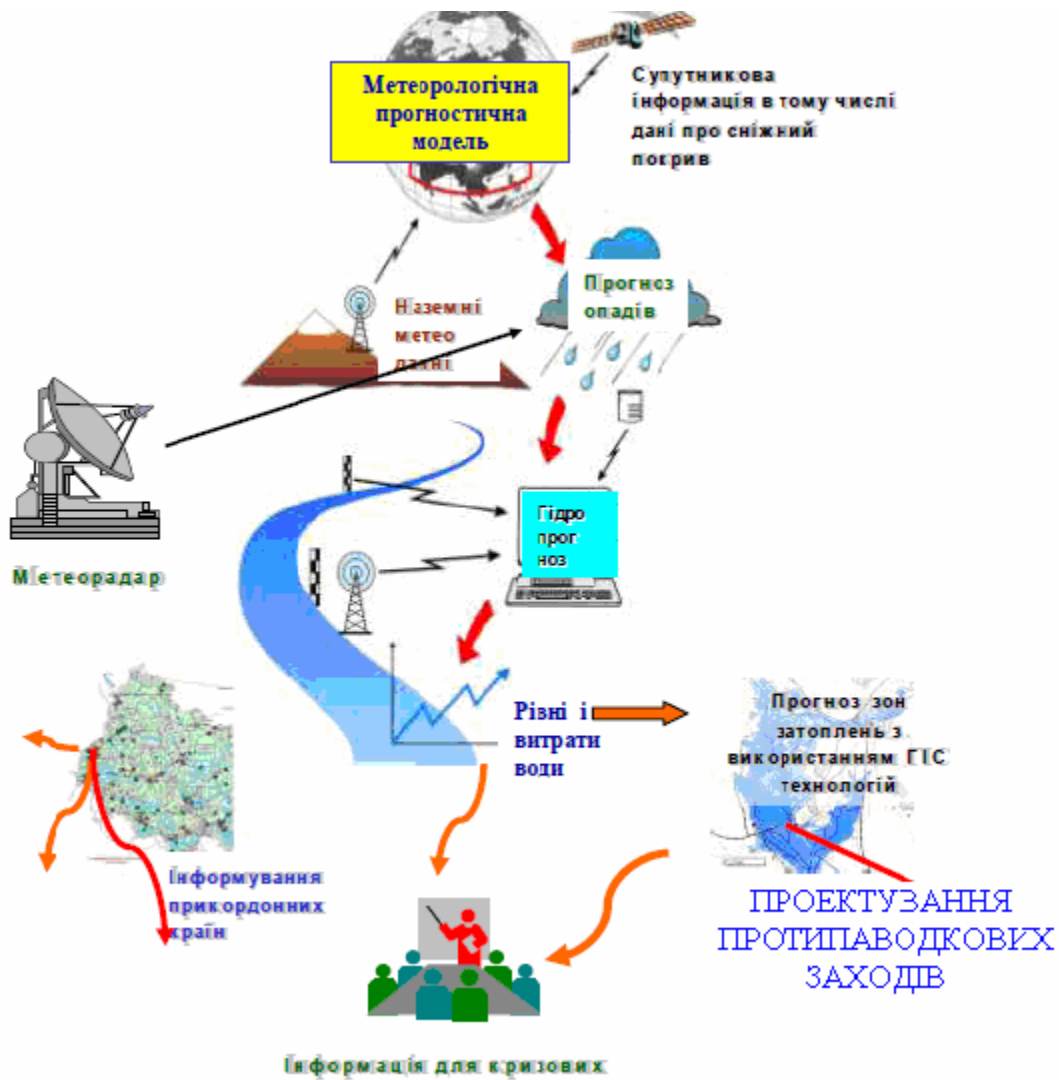


Рисунок 2 – Метеорологічна прогностична модель

Компанія Wallingford Software оголосила про випуск версії 5.0 програми FloodWorks для прогнозування затоплень і повеней в реальному часі та оповіщення про цю небезпеку з можливістю автоматичного розміщення такої інформації в мережі Інтернет. У програмі FloodWorks виконується моделювання гідрологічних процесів і складання прогнозів їх розвитку на основі даних, що надходять з водомірних станцій, з систем водовідводів і давачів, розміщених в прибережних зонах. Вона призначена для регіональних і місцевих станцій по боротьбі зі стихійними лихами [15,16].

Схематично метеорологічна прогностична модель попередження підняття рівня паводкових вод зображена на рис. 2.

"ГідроПрогноз" – інформаційно-експертна система, яка базується на технології експертних систем в комплексі з іншими обчислювальними та інформаційними технологіями.

Метеорадар використовується для збору і обробки радіолокаційної інформації про небезпечні прояви погоди (грози, шквали, хмарність, опади) і передачі інформації віддаленим користувачам.

Рівень води – висота вільної водної поверхні водойм і водотоків відносно будь-якої умовної горизонтальної поверхні (відносний рівень води) чи рівня моря (абсолютний рівень води). Коливання рівня води бувають добові, сезонні, річні, багаторічні.

Витрати води (стік) – кількість води, що протікає в одиницю часу через який-небудь переріз, наприклад, через живий переріз річища.

Геоінформаційна система (ГІС) – сучасна комп'ютерна технологія, що дозволяє поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем, аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різноманітні статистичні дані, списки, економічні показники тощо).

ГІС дозволяє забезпечити збір інформації про навколишнє середовище, аналіз стану і динаміки екологічної ситуації в Україні та її регіонах. Інформація, яка використовується в геоінформаційних системах, є відкритою, і її можна використовувати для дослідження, моделювання та прогнозування рівня паводкових вод.

На даний час існують такі сучасні ГІС, як:  
 – Проект Grid – глобальна база даних природно-ресурсної інформації.

– Проект Gorine – база даних про стан забруднення ґрунтів, водних ресурсів.

Європейський цикл обміну інформацією з прогнозування паводків (EXCIFF) призначений для обміну знаннями і досвідом прогнозування паводків у сфері практики моніторингу і виявлення паводків, процедур і організації прогнозування паводків, інформації для видачі сигналів сповіщення про паводки.

Європейська система повідомлення про паводки розроблена в спільному дослідному центрі при ЄК. Система EFAS може забезпечити моделювання паводку на середньотермінову перспективу по всьому ЄС з часом випередження (тобто часом між виявленням і виникненням паводку) на 3-10 днів. Після свого створення система EFAS успішно видавала сигнали раннього повідомлення за 3-6 днів до паводку. Плата за участь в EFAS відсутня, в системі можуть співпрацювати національні і регіональні гідрологічні служби, які приймають участь в оперативному національному/регіональному повідомленню про паводки, після підписання простого меморандуму про взаєморозуміння, в якому розписані завдання і відповідальність без вказівок на зобов'язання національних гідрологічних служб [17].

Викладене вказує на недостатню ефективність систем контролю за рівнем паводкових вод та методів і систем прогнозування повені, паводків і підтоплення, а також відсутність сучасного цілісного комплексу захисних заходів, що призводять до щорічних значних економічних збитків та погіршення екологічного стану довкілля.

Одним із напрямків вирішення вказаної проблеми може бути використання стохастичного моделювання, а саме: конвективного перенесення забруднення річок [18] при розробці методу прогнозування паводкових вод. Останнє базується на тому, що при паводках у річці стікають води, які не затримуються на схилах пагорбів і гір, каналізаційні стоки, а також розмиті сільськогосподарські угіддя, луки і т.д., внаслідок чого стоки річки нагадують мул, що дає підстави використати математичну модель фільтраційних процесів (1) [18] з відповідними граничними і початковими умовами для вирішення вказаної вище задачі

$$\frac{\partial c}{\partial t} + [U + \sigma_1 \xi_1(t)] \frac{\partial c}{\partial x} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - [K + \sigma_2 \xi_2(t)] c, \quad (1)$$

$$c(x,0) = c^0(x),$$

де  $c(x,t) \geq 0$  – концентрація забруднюючих речовин в точці  $x$  в момент часу  $t$ ,  $D, K, U$  – позитивні константи, які є не випадковими коефіцієнтами поздовжньої дифузії і консервативності речовин, а також середню швидкість водного стоку.

## Висновок

Основна увага при розробці методів контролю за рівнем паводкових вод, прогнозування повені, паводків і підтоплень з використанням методу стохастичного моделювання, а також технічних засобів для їх реалізації повинна бути приділена:

- вибору (розробці) давачів: рівня води, рівня опадів та температури повітря і води;
- обґрунтуванню їх кількості, місця встановлення;
- архітектурі системи збору, передачі і обробки інформації;
- використанню класів граничних і початкових умов для моделі (1).

## Література:

1 Клапоуцак О.І. Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазового обладнання [Текст] / О.І. Клапоуцак // Сучасний стан контролю та прогнозування паводкових вод : 6-та Міжнародна науково-технічна конференція і виставка, Івано-Франківськ, 29 листопада – 2 грудня 2011 р.: тези доп. і повідомл. – Івано-Франківськ, 2011. – С. 209–214.

2 Протипаводковий захист. Інформаційно-аналітична довідка щодо проблем комплексного протипаводкового захисту території регіонів України від катастрофічних паводків та мінімізації збитків від шкідливої дії вод [Електронний ресурс] : Протипаводковий захист / Державне агенство водних ресурсів України. Офіційний сайт. – Режим доступу: <http://www.scwm.gov.ua/index.php>

3 Швець Г.І. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР / Г.И. Швець. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 512 с.

4 Дячук В.А. Паводки в Закарпатті та причини їх виникнення / В.А. Дячук, М.М. Сусідко // Укр. географ. журн. – 1999. – №1. – С. 47–50.

5 Прогнозирование наводнений [Електронний ресурс]: Прогнозирование наводнений / Академія ГПС МЧС России. Официальный сайт – <http://www.agps-mipb.ru/index.php/2011-01-08-07-37-51/426-prognozirovanie-navodnenij.html>

6 Dellepiane S. Coastline extraction from SAR images and a method for the evaluation of the coastline precision // De Laurentiis R., Giordano F. – Pattern Recognition Letters. – 2004. – № 25. – P. 1461–1470.

7 Скакун С. В. Нейромережевий метод картографування повеней на основі супутникових зображень / С.В. Скакун // Наукові праці ДонНТУ. – 2001. – Вип. 10 (153). – С. 52-58. – Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка".

8 Стефанишин Д.В. Використання методу екстраполяції при прогнозуванні рівнів води в ріці, де відбувається трансформація русла, з врахуванням ризику / Д.В. Стефанишин, Ю.Д. Стефанідина // Гідромеліорація та гідро-

технічне будівництво: зб. наукових праць. – Рівне: НУВГП. – 2005. – Вип. 30 – С. 107–116.

9 Алита С. Л. Методы решения задач оперативного прогноза ливневых паводков по данным радиолокационных и наземных измерений осадков : автореф. дис. на здобування канд фізико–математических наук : спец. 25.00.30 „Метеорология, климатология, агрометеорология” / С. Л. Алита. – Нальчик, 2010. – 18 с.

10 Martinez J.M., Le Toan T. Mapping of flood dynamics and spatial distribution of vegetation in the Amazon floodplain using multitemporal SAR data // Remote Sensing of Environment. – 2007. – № 108. – P. 209–223.

11 Анализ и прогнозирование паводков и наводнений. Описание решения. [Электронный ресурс] : Описание решения / НКФ Волга Начная консалтинговая фирма. Официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.volgaltd.ru/rus/solutions/solution/solution>

12 Закарпатський інформаційно-діловий портал «Мукачево.net». Закарпатців від паводків захищатиме Березівська польдерна система [Електронний ресурс] : Закарпатців від паводків захищатиме Березівська польдерна система. / Державне агенство водних ресурсів України. Офіційний сайт. – Режим доступу: <http://www.mukachevo.net/ua/News/view/>

13 Басейнове управління водних ресурсів річки Тиса. [Електронний ресурс] : Державне агенство водних ресурсів України. Офіційний сайт. – Режим доступу: [http://www.vodhosp.uzhgorod.ua/aivs\\_tisa.html](http://www.vodhosp.uzhgorod.ua/aivs_tisa.html)

14 ГАЛИЧ. На Прикарпатті створять Дністровський інженерно-екологічний полігон [Електронний ресурс] : ГАЛИЧ. На Прикарпатті створять Дністровський інженерно-екологічний полігон / Світова географія. Офіційний сайт. – Режим доступу:

<http://world-geographic.com/lang/ukr/2011/06/halych-na-prykarpatti-stvorjat-dnistrovskiy>

15 MIKE FLOOD Описание решения. [Электронный ресурс] : Описание решения / НКФ Волга Начная консалтинговая фирма. Официальный сайт. – Режим доступа: [http://volgaltd.ru/rus/programs/program/program\\_6.html](http://volgaltd.ru/rus/programs/program/program_6.html)

16 Новая версия FloodWorks позволяет автоматически публиковать в Интернете прогнозы затоплений и наводнений [Электронный ресурс] : Новости / Мижрегиональная общественная организация содействия развитию рынка геоинформационных технологий и услуг. Официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/26900.html>

17 Юлдашева К.А. Борьба з паводками : Обзор мирового опыта / К.А. Юлдашева // Информационный сборник. – Ташкент. – 2010 – Вип. 33. – С. 68.

18 Маланин В.В. Методы и практика анализа случайных процессов в динамических системах / В.В. Маланин, И.Е. Полосков. – М: Ижевск: НИЦ, 2010. – 295 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
12.12.11*

*Рекомендована до друку професором  
М. І. Горбійчуком*