

© А.О. БЕЛЯТИНСЬКИЙ, чл.-кор. ТАН, канд. техн. наук, доцент (НТУ)

ОЦІНКА НАСЛІДКІВ КАТАСТРОФІЧНИХ ПОВЕНЕВИХ СИТУАЦІЙ ТА ЇХ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАСОБАМИ ГІС

Вступ

Паводки на річках під час стихійних лих відносяться до природних катастроф, що трапляються дуже часто, і завдають значні збитки економіці країни. В районах, де можливі катастрофічні повені, виникає необхідність їхнього прогнозування та оцінки наслідків. Про це свідчать екстремальні повені в Закарпатті, які мали місце в 1998 та 2001 роках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Втручання в процес створення гідрологічної ситуації шляхом зменшення залісеності схилів басейнів водозбору сприяло підвищенню швидкості та інтенсивності надходження повеневої хвилі в районах можливого затоплення. Це деякою мірою підтверджує наявність такої ситуації, яка мала місце на р. Тиса у Закарпатській області. Проте названий фактор є однією із цілої низки причин, які сприяли формуванню катастрофічних повеней.

Стоки дощових паводків можуть бути розраховані за формулами: МАДЦ/Союздорпроекту, граничної інтенсивності, редуційною і регіональними формулами України, а стоки талих вод - за СНиП 2.01.14-83 та за регіональними нормами України (розрахунок виконується для штучної споруди мостового переходу, розташованої на відповідному пікеті вибраної полілінії).

На жаль, сучасна база офіційних гідрологічних прогнозів застаріла і дещо втратила свою актуальність. Крім того, також застаріла інформація про рельєф, рослинний покрив і система її актуалізації, що призводить до істотних прорахунків під час прогнозування й вимагає значних фінансових витрат. На допомогу при вирішенні цього питання може прийти космічне зондування та геоінформаційні технології, за допомогою яких здійснюється просторове моделювання гідрологічних ситуацій.

Задача подальшого розвитку нормативно-технічного забезпечення функціонування космічних засобів, зокрема розроблення систем стандар-

тизації та їхньої гармонізації з міжнародними стандартами, безпосередньо поставлена в Загальнодержавній (Національній) космічній програмі України на 2003-2007 роки, яка затверджена Законом України № 203-IV від 24 жовтня 2002 р.

Розв'язання поставленої проблеми

Під час вирішення цієї проблеми необхідно використовувати розробки, пов'язані зі створенням моделі рельєфу та ін., а також спеціальні алгоритми гідрологічного моделювання, які дають можливість установлювати масштаби і швидкість просування повеневої хвилі, стан протиповеневих споруд.

Найбільш вагомими сучасними програмними комплексами є моделювання планової (двовірної) та просторової (тримірної) гідраліки відкритих русел (річок і водойм) та прогнозування процесу формування повеневої ситуації. Засоби гідрологічного аналізу та моделювання розподіляються на основні групи: власні засоби просторового аналізу ГІС та спеціалізовані моделюючі блоки, що інтегровані в ГІС. Моделюючі комплекси другого типу вимагають значних зусиль щодо забезпечення їхньої взаємодії з ГІС. Прикладом спеціалізованих засобів першого типу можна назвати блок гідрологічного аналізу ArcInfo, який поставляється в складі GRID, або розширення Hydrology tools до засобів Spatial Analyst ArcView. Системи такого типу дозволяють реалізувати алгоритми розрахунку площі водозбірного басейну, виділення басейнів різних ступенів, аналізу схилів, формування потоків тощо (при цьому повинна бути попередньо побудована цифрова модель). Слід зазначити, що універсальні широківідомі ГІС-платформи мають істотні спрощення розрахункових схем спеціалізованих функцій.

Перевагою ГІС є графічний інтерфейс та можливість якісного просторового аналізу даних. У сфері гідрологічного прогнозування модель формування повеневої хвилі реалізована засобами ArcInfo. Він є закінченим багатofакторним моделюючим комп-

лексом, засобами якого установлюють просування повеневої хвилі в залежності від загальної кількості опадів, похилу та шорсткості поверхні водозбірної басейну, пропускної спроможності руслу та інш.

Таким чином, засобами мов Avenue для ArcView або AML для ArcInfo, можна реалізувати достатньо складні математичні алгоритми, а також забезпечити необхідний набір аналітичних функцій. Наведений алгоритм передбачає застосування жорсткого переліку параметрів, які не завжди можна отримати в наших умовах, що ускладнює апробацію зазначеної моделі. Більш ефективнішим є шлях інтеграції ГІС зі спеціалізованими моделюючими комплексами, які можуть сприяти створенню другої групи аналітичних систем. Це дозволяє поєднати швидкість, алгоритмічну широту розрахункових блоків спеціалізованих моделюючих комплексів з ефективністю засобів опрацювання і відображення просторової інформації, що характерно для ГІС: підготовка моделі рельєфу та позиціонування елементів гідромережі впливають на розрахунок балансових складових виз-

начення підйому рівнів води, що, в свою чергу, дозволяє здійснювати моделювання площ затоплення і сприяє просторовому аналізу повеневої ситуації. Прикладів програмної реалізації такої взаємодії є багато. Сьогодні вже взаємодіють такі визнані розрахункові комплекси, як GMS (Groundwater Modeling System) - закінчений спеціалізований продукт для моделювання процесів геофільтрації, SMS (Surface Water Modeling System) - система багатомірного гідрологічного моделювання, які інтегровані з ArcView.

За допомогою ГІС здійснюється просторова прив'язка гідрологічних елементів і точок спостереження, підготовка моделі рельєфу, виділення басейнів водозбору, моделювання площі підтоплення, а також просторовий аналіз результатів моделювання. Прикладом зазначеної взаємодії під час дослідження повеневої ситуації є інтеграція з ГІС ArcView моделюючих систем HEC-RAS (США) і MIKE-21 (Данія). Модуль розширення ArcView - AVRAS забезпечує застосування можливостей ГІС у

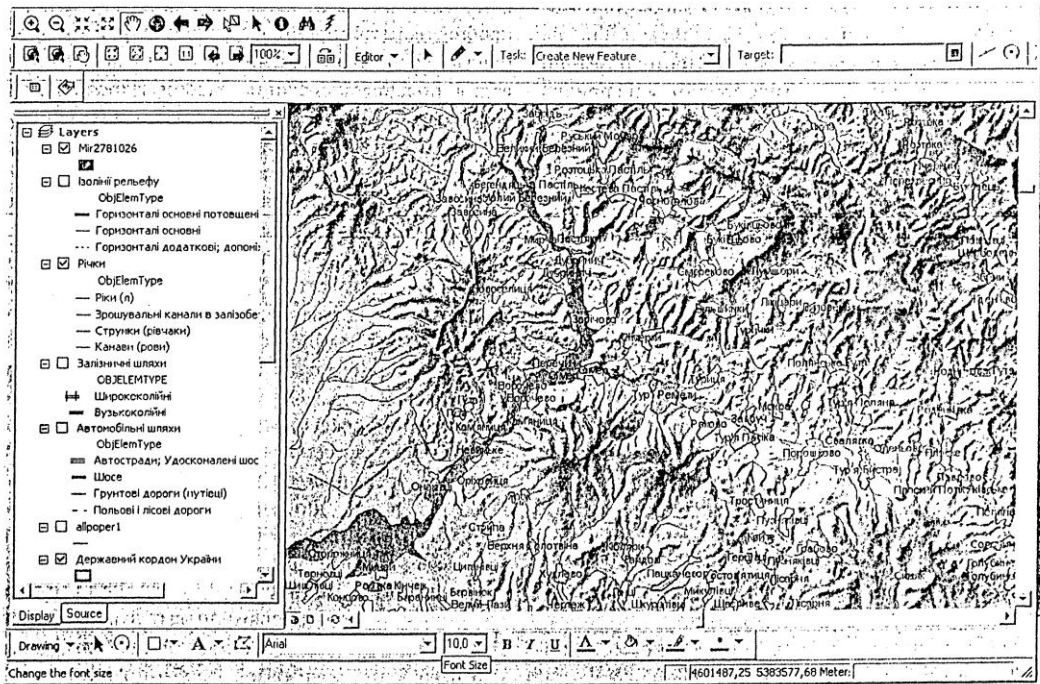


Рис. 1. ГІС повені у Закарпатті: результат просторового моделювання зони прогнозного затоплення

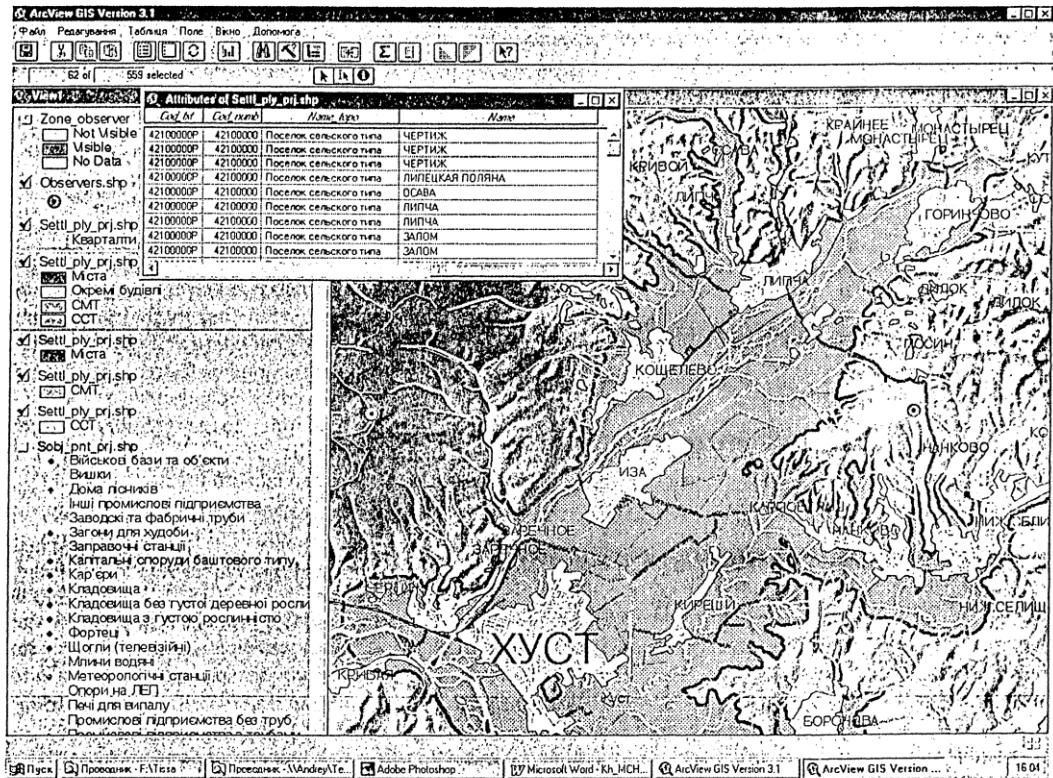


Рис. 2. ГІС повені у Закарпатті: зона прогнозного затоплення на р. Тиса

процесі підготовки даних, що характеризують геометрію руслу, параметри поперечних перетинів потоку, а також просторового відображення та аналізу результатів моделювання повеневої ситуації. Система MIKE-21 (крім зазначених вище операцій) реалізує функції підтримки гідрологічного моніторингу, оптимізації мереж спостереження тощо.

При виборі моделюючої системи керувалися оперативністю чи детальністю. Оперативність системи включала: мінімум вихідних параметрів, максимальну достовірність і простоту алгоритмів обчислення, що сприяло збільшенню швидкості обробки даних (проте мали місце невисокі вимоги до детальності параметрів) та викликало низьку точність отриманих результатів. Детальність моделюючої системи передбачала істотні витрати часу і засобів на створення і адаптацію інтерфейсу обміну даними спеціалізованих систем моделювання або їхніх роз-

рахункових блоків. При цьому вимагалось одержання достовірної і повної інформації. Крім того, передбачалось проведення спеціальних досліджень з метою перевірки адекватності створеної моделі. Вихідними даними детальної гідрологічної моделі були такі параметри, як кількість опадів, показники випаровуваності й транспірації на кожний квадратний кілометр місцевості, показники шорсткості схилів, типи ґрунтів і рослинності, землекористування тощо.

Основні етапи процесу моделювання повеневої ситуації полягали в наступному.

Етап 1. Виходячи з кількості опадів, інтенсивності сніготанення, довжини протікання води на водозбірному басейні, крутизни і шорсткості схилів обчислювалася витрата води на певний час в певному місці.



Етап 2. На основі даних про витрату води, а також, керуючись інформацією про поперечний перетин русла і швидкість течії в зазначеному місці, проведений розрахунок підйому рівня води у річці на певний час у лівому місці.

Етап 3. Зіставлення рівнів води з обрисом поверхні землі у місці перетину давало підставу для визначення ширини затоплення заплави в даному місці.

Основою оцінки і прогнозування надзвичайних ситуацій, пов'язаних із розвитком екстремальних повеней, є просторовий аналіз гідрологічної ситуації, виконаний засобами Spatial Analyst ArcView. Головним є визначення площ можливого затоплення шляхом зіставлення поверхні рельєфу з повеневою поверхнею річки, яка отримана за даними розподілу рівнів води. Для аналізу, зазвичай, потрібні такі вихідні дані: модель рельєфу досліджуваної території та точкові дані про очікувані або наявні рівні води в річці.

Результуюча точність просторової оцінки або прогнозу визначається детальністю та актуальністю моделі рельєфу, а також повнотою інформації про рівні річки за період, що оцінюється. Коректність моделі, яка використовується для гідрологічного прогнозування, залежить від плинності рельєфу, де дані відсутні. В даному випадку обмеженість засобів 3D Analyst ArcView не дала можливості домогтися потрібної якості і проблема вирішувалася за допомогою функції TOPOGRID ArcInfo. Базовою ГІС-платформою, на якій проводилася реалізація даної методики, була прийнята ArcView 3.1 із розширенням Spatial Analyst. Попереднє моделювання рельєфу місцевості виконане, як вже зазначалось, з використанням функції TOPOGRID ArcInfo на основі актуалізованої карти масштабу 1:10 000 (горизонталі рельєфу, гідромережа). Модель повеневої поверхні річки будувалася за прогнозними чи фактичними рівнями, що мали місце на гідрологічних постах. Верифікація моделі здійснювалася за даними минулих років про площі затоплення, які отримувалися засобами дистанційного зондування за даними матеріалів з супутника Spot. Оцінка наслідків катастрофічних повеневих ситуацій включала стандартний набір операцій просторового аналізу з метою установлення мостових переходів, ділянок доріг, населених пунктів, угідь тощо, які могли бути затоплені під час очікуваної повені.

Висновки. При розробці методики просторового аналізу наслідків катастрофічних гідрологічних ситуацій засобами ГІС було досягнуто таких результатів:

1. Прийнятий оптимальний алгоритм аналізу забезпечує оперативність, наочність і необхідну точність оцінки наслідків надзвичайної ситуації як в умовах дефіциту вихідних даних, так і при наявності даних детальних гідрологічних прогнозів.

2. Створена технологія прогнозування площ повеневого затоплення втілена в практику. Здійснена поточна щоденна оцінка фактично затоплених ділянок (мостових переходів, автомобільних доріг, населених пунктів тощо).

3. Запрогнозовано площі (об'єкти та населені пункти), які могли бути затоплені під час майбутніх катастрофічних повеней, що дало змогу оцінити ефективність існуючих водоохоронних споруд та розробити заходи щодо їхнього поліпшення.

4. Методику було реалізовано на базі стандартних функцій просторового аналізу ГІС ArcInfo і ArcView, які є у розпорядженні підрозділів МНС України.

5. Здійснено верифікацію моделі методом зіставлення модельних контурів із даними космічного зондування, отриманими в періоді катастрофічних повеней, що відбувалися в Закарпатті. Створена методика дає можливість простежувати щоденні зміни в розвитку повеневої ситуації, оцінити час та глибину затоплення кожної одиниці площі заплави, кожного мостового переходу, оцінити ефективність водоохоронних споруд, а також провести аналіз мостових переходів, автомобільних доріг, інших об'єктів, які зруйновані або можуть постраждати внаслідок очікуваної катастрофічної повені.

6. Наведені технологічні схеми обробки матеріалів аерокосмічної зйомки під час гідрологічних розвідувань мостових переходів мають научне і практичне значення для оцінки наслідків катастрофічних повеневих ситуацій та їхнього прогнозування засобами ГІС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев Г.А. Динамика инфильтрации воды в почву: Труды ГГИ, 1968. - Вып. 6 (60), С. 43 - 72.
2. Белятинський А. О. Наукові основи використання стереофотограмметрії в інженерній гідралії. - К.: ISTERPRESS-Україна, 2001. - 152 с.
3. Білятинський О.А. та ін. Прокрування автомобільних доріг. - Ч. 1. К.: Вища школа; 1997. 517 с.