

УДК 528.94+551.482

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІТИЧНИХ ТА
МОДЕЛЮЮЧИХ ЗАСОБІВ ГІС ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ І ОЦІНКИ НАСЛІДКІВ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.**

Іщук О.О.

Щорічно в Україні виникає до 300 надзвичайних ситуацій (НС) тільки природного походження, до яких відносяться явища метеорологічного, гідрологічного та геологічного характеру. На рис.1 показано діаграму розподілу надзвичайних ситуацій цього типу за період 1997 – 2000 р.р., побудовану за даними, наведеними у доповідній записці Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС) та Національної Академії наук України (НАНУ) за 2000 рік [5].

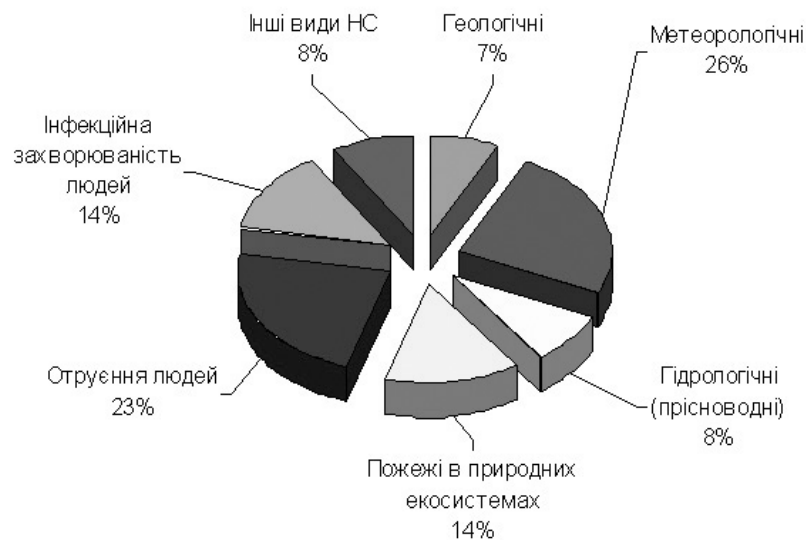


Рис. 1. Розподіл надзвичайних ситуацій природного походження, що сталися на території України за період 1997 – 2000 р.р. по типах.

Враховуючи географічне положення України, найбільш небезпечними регіонами, що зазнають впливу стихійних і комплексу небезпечних метеорологічних явищ є Автономна Республіка Крим та Закарпаття [4]. Двічі тільки за останні роки Закарпаття зазнало руйнівної сили паводків з людськими жертвами (1998, 2001рр).

Дестабілізація геологічного середовища, викликана розвитком господарського комплексу України, є причиною активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів практично у всіх регіонах України. За період 1997-2001 р.р. збитки тільки від геологічних НС склали понад 100 млн. грн.

Кількість зсувів на території Закарпаття подвоїлась за останні 30-35 років, причому кількість активних зсувів перевищила 50% загальної кількості (катастрофічної активізацією в природних умовах вважається рівень до 15 – 20 %) [4]. Про небезпечність ситуації свідчить прояв блочно – тектонічних зсувів обсягом до 6 –10 млн. куб. м. і більш, чого практично не було у ХХ ст.

При створенні Урядової Інформаційно – аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС), замовниками якої виступають Кабінет Міністрів України та МНС було вирішено використати аналітичні та моделюючі засоби геоінформаційних систем для створення прогнозно-моделюючих комплексів запобігання, мінімізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (ПМК НС). У перелік робіт 2001 року було внесено створення наступних комплексів:

1. Прогнозування та оцінки наслідків паводкових ситуацій (ПМК “Паводок”).

ПМК виконує моделювання зон затоплення, що створились або очікуються в наслідок розвитку реальної паводкової ситуації. Отримання векторного полігону зони затоплення проводиться засобами просторового аналізу ГІС шляхом порівняння моделі поверхні рельєфу з моделлю вільної поверхні ріки, що обчислюється із залученням зовнішнього модулю LEVEL_TS_M, розробленого спеціалістами Українського науково-дослідного інституту гідрометеорології (УкрНДГМІ).

2. Прогнозування та оцінки наслідків викидів в атмосферу небезпечних хімічних речовин (ПМК “Хімія”).

ПМК призначений для прогнозування динаміки розвитку надзвичайних ситуацій, що виникли на діючих хімічно-небезпечних виробництвах та на транспорті. Реалізує засобами просторового аналізу ГІС алгоритми розрахунку, які вміщує “Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті”, що затверджена в МНС України 10 квітня 2001 року.

3. Прогнозування та оцінки наслідків селів (ПМК “Селі”).

ПМК забезпечує визначення зон вірогідної активізації селевої активності. Інтенсивність селевіяву обчислюється за даними про опади і надається у вигляді трьох категорій: можливе значне селевіявлення, передбачається

селевиявлення середньої інтенсивності, можливі окремі селі. До складу комплексу включено модуль визначення зон вірогідної активізації селевої активності **SEL_TS**, розроблений спеціалістами УкрНДГМІ.

4. Просторової оцінки наслідків карстових проявів (ПМК “Карст”).

Даний комплекс засобами просторового аналізу ГІС виявляє та відображає на карті перелік об’єктів території України (в обсязі базової електронної карти масштабу 1:200 000), що попадають в зони різного ступеню ризику, пов’язаного з карстовою активністю. Базовою основою для аналізу є електронна карта районування території України щодо можливості виникнення НС, зумовлених карстовими явищами, яку створено спеціалістами Українського державного геолого-розвідувального інституту (УкрДГРІ). Відповідно даним цієї карти, на території України за типами карстової активності виділяються наступні зони ризику виникнення НС:

- **малого ризику** – території розвитку карбонатного карсту;
- **потенційного ризику** – території розвитку сульфатно-карбонатного та карбонатного карсту в межах густонаселених територій;
- **ризiku** – території розвитку сульфатного та сульфатно-карбонатного карсту;
- **значного ризику** – території розвитку галогенного карсту.

Наукове керівництво роботами, головним виконавцем яких призначено ЗАТ “ЕСОММ Со”, веде Український центр менеджменту землі і ресурсів (УЦМЗР). Детальну інформацію про результати, отримані протягом 2001 року, можна знайти у матеріалах 5-ї міжнародної конференції «Геоинформационные технологии в управлении территориальным развитием», що відбулася в АР Крим, г. Партеніт 27-31 травня 2002 року [7].

Можливість інтеграції ГІС з проблемно-орієнтованими моделюючими комплексами суттєво розширюють діапазон їх застосування [1]. Сьогодні по такому шляху у всьому світі йде розробка моделей міграції забруднювачів в геологічному середовищі, атмосфері та гідросфері; повеневих ситуацій, розвитку екзогенних процесів – карсту, зсувів, підтоплення, тощо [8]. Саме тому, у складі ПМК НС реалізовано інтеграцію ГІС з такими проблемно-орієнтованими моделюючими системами, як модуль розрахунку вільної поверхні ріки **LEVEL_TS_M** (ПМК “Паводок”) та модуль визначення зон вірогідної активізації селевої активності **SEL_TS** (ПМК “Селі”).

Вибір алгоритму прогнозування просторового розвитку та оцінки наслідків НС значною мірою визначається детальністю та повнотою інформації про об’єкт досліджень і його оточення. Останні, у свою чергу, обмежені як можливостями існуючих в регіоні систем моніторингу

природного середовища, так і складом наявного фонду електронних карт території. Освітленню саме цього аспекту методологічного забезпечення робіт по створенню ПМК НС присвячена ця публікація.

Інформаційна база ПМК НС сьогодні інтегрує потоки даних, що надходять з таких розподілених інформаційних структур, як база даних (БД) надзвичайних ситуацій, БД гідрометеорологічної інформації, БД «Загальнодержавний реєстр потенційно небезпечних об'єктів», БД фонду електронних тематичних карт території України тощо.

Проте, повнота та актуальність складових цієї інформаційної структури далекі від задовільного рівня з причин, які вимагають більш детального розгляду.

1. Забезпечення ПМК НС даними гідрометеорологічних спостережень.

Можливість отримання якісної та вчасної вихідної інформації для прогнозування НС природного походження цілком залежить від рівня розвитку мереж спостережень за природним середовищем.

На жаль, гідрометеорологічна служба України, в безпосередні обов'язки якої входить забезпечення УІАС НС необхідними даними гідрометеорологічного моніторингу, не належить сьогодні до світових лідерів у цій галузі. Так, за даними United States Geological Survey (USGS) тільки на території штату Північна Даккота, що регулярно потерпає від паводкового затоплення, розташовано біля 6000 автоматизованих станцій комплексних гідрометеорологічних спостережень. Для порівняння – на території Закарпатської області, яка хоч і менше за розмірами, знаходиться 8 метеостанцій, 2 автоматизованих та 36 неавтоматизованих гідропостів, зв'язок з якими під час розвитку екстремальних метеорологічних ситуацій, як показує практика, не гарантовано.

Цілком природно, що детальність інформації, реально досяжної в період розвитку НС по території України, робить неефективним, наприклад, застосування таких визнаних у світі комплексів гідрологічного моделювання, як HEC-RAS, SMS, MIKE-11 та ін. [8].

Можливість складання гідрологічних прогнозів на цю частину території України сьогодні забезпечується застосуванням стохастичних залежностей, які отримані шляхом детального аналізу гідрологічного режиму кожної річки та складових його формування. Прикладом системи, що використовує алгоритм такого типу є комплекс гідрологічного моделювання **LEVEL_TS_M**, розроблений спеціалістами УкрНДГМІ під керівництвом М.М. Сусідка [3], який був взятий в якості зовнішнього моделюючого блоку ГІС [1] у складі ПМК “Паводок”.

Схожа ситуація складається з даними для прогнозування міграції в атмосфері продуктів вибухів та викидів отруйних речовин. Маючи власні розробки систем математичного моделювання процесів міграції забруднень в атмосфері, розраховані на використання прогностичних значень метеопараметрів, що можуть бути отримані, наприклад, по каналам АСПД із світового метеорологічного центру BRAKNELL, Україна не входить до офіційних споживачів прогностичної гідрометеоінформації як вказаного центру, так і будь яких інших. Проте, використання прогностичної інформації даного класу дало б можливість прогнозувати розвиток НС, пов'язаних з викидами в атмосферу забруднювачів різного типу, з урахуванням власної динаміки кожного з 9 шарів атмосфери до висоти 11 км, турбулентності приземного шару в залежності від рельєфу, можливості “залигання” викиду у приземному шарі або виносу його на “безпечну” висоту тощо.

Як наслідок, основою для розробки моделюючого комплексу прогнозування та оцінки наслідків викиду в атмосферу небезпечних хімічних речовин, що увійшов у склад ПМК НС у 2001 році стала досить примітивна, але затверджена в МНС України 10 квітня 2001 року “Методика прогнозування наслідків вилу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті”, яка використовує при розрахунках напрямок та силу приземного вітру, виміряний найближчою метеостанцією.

2. Стан фонду електронних карт території України.

Інтенсивний розвиток геоінформаційних технологій, що спостерігається протягом останнього десятиріччя, викликав відповідне зростання об'єму цифрової картографічної інформації по території України. В умовах фактичної відсутності державної нормативної бази на створення електронної картографічної продукції їх розробники у більшості навіть не намагаються підтримувати топологічні принципи побудови електронної карти та вимоги ГІС до організації геоданих. На жаль, підрозділи Державної Служби геодезії, картографії та кадастру, враховуючи якість їх власної цифрової продукції, також не зовсім уявляють вимоги до організації просторової інформації в ГІС. Як наслідок – вказані матеріали в більшості непридатні для вирішення завдань просторового аналізу і моделювання, які покладені в основу процесу прогнозування та оцінки просторових наслідків НС.

Можливо з цієї причини Міністерством Надзвичайних Ситуацій України та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи ведуться роботи по створенню власного фонду електронних карт території України для оцінки просторових наслідків надзвичайних ситуацій. Великим кроком вперед, зробленим під час цієї роботи, можна вважати

розробку Міжвідомчим Центром Електронної Картографії (МЦЕК) м. Харків відомчого нормативу на створення електронних карт, який був прийнятий одночасно МНС та Головним Управлінням Геодезії та Картографії України (тепер - Державна Служба геодезії, картографії та кадастру). За останні п'ять років створено відповідно вказаним нормативам та передано зацікавленим відомствам електронні карти території України масштабів 1:1 000 000, 1:500 000 та 1:200 000. Саме вони сьогодні складають основу картографічного фонду УІАС НС, створення та підтримку якого покладено на МЦЕК.

Відмічаючи високий рівень організації просторової інформації вказаного фонду, необхідно звернути увагу на те, що він закономірно успадковує проблему низької актуальності просторових даних від вихідних картографічних матеріалів, які надаються відповідними державними відомствами.

3. Актуалізація інформаційної бази ПМК НС.

Важливість своєчасної актуалізації просторової інформації, яка використовується для прогнозування та оцінки наслідків НС сьогодні важко перебільшити. Інтенсивні техногенні втручання в процес формування балансових складових гідрологічних систем, а саме – суттєве зменшення площі лісів на схилах басейнів водозбору, каналізування русел річок тощо, здатні помітно підвищити швидкість та інтенсивність проходження повеневої хвилі. Тобто опади, які кілька років тому не викликали особливих турбот, сьогодні можуть стати причиною екстремальної повеневої ситуації. Несподіваність надзвичайних дощових паводків, що сталися нещодавно в басейні р. Тиса на Закарпатті, зумовлена в тому числі й цими факторами [4].

Каналізоване та стиснуте дамбами в межах Чорнобильської зони русло р. Прип'ять за умов досить тривіального, як на доаварійний період, сценарію розвитку повеневої ситуації 1999 р. стало причиною екстремального підйому рівня води, який ледь не перевищив можливості захисних споруд.

Таким чином, сучасна параметрична база для складання гідрологічних прогнозів, найважливішою складовою якої є інформація про рельєф, рослинний покрив і землекористування на території досліджень, багато в чому втратила свою актуальність та потребує оновлення. Проте, застаріла не лише сама інформація, а і система її актуалізації. Без використання даних космічного зондування та геоінформаційних технологій цей процес сьогодні виявляється надто інертним та потребує надмірних фінансових витрат.

Саме тому у 2001 році за угодою з МЦЕК (м. Харків) спеціалістами УЦМЗР були виконанні роботи по проекту “Тестова актуалізація картографічної бази для Урядової Інформаційно-аналітичної системи з надзвичайних ситуацій (УІАС НС) засобами ДЗЗ та ГІС”, що фінансувався за

рахунок гранту USAID. В результаті виконання проекту актуалізовано шари дорожньої мережі та гідрографії для територій Кримської автономної республіки та Закарпатської області. Актуалізація здійснювалась за результатами дешифрування космічних знімків Landsat 7 ETM+ 1999 – 2001 років актуальності.

Про високу ефективність та необхідність продовження цих робіт свідчать такі факти, як виявлення на території Закарпатської області відхилення сучасного положення русла р. Тиса від положення 1974 року, зафіксованого на базовій карті масштабу 1:200 000 на відстань до 1.3 км (рис.2); на території Кримської Автономної республіки кількість ґрунтових доріг, що з'явилися або змінили геометрію за останні п'ятнадцять років перевищує тисячу, і т.д.

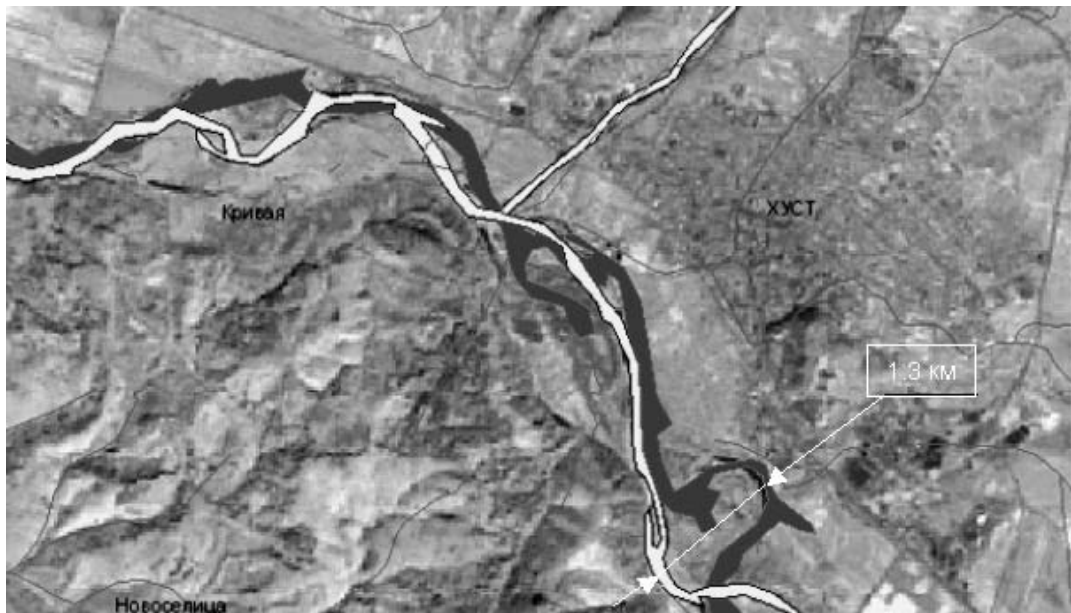


Рис. 2. Зміни геометрії русла р. Тиса за даними: а) існуючої базової електронної карти України м-бу 1:200 000 з фонду УІАС НС (темний контур). б) дешифрування космічного знімку Landsat 7 ETM+ (2001) року (світлий контур).

Актуалізований матеріал передано у МЦЕК (м. Харків) для оцінки якості актуалізації та розміщення у фонді тематичних електронних карт УІАС НС.

УЦМЗР вдалося отримати фінансування на продовження цих робіт за рахунок гранту USAID на 2002 рік. Таким чином, забезпечено можливість продовження робіт по актуалізації базової електронної карти УІАС НС масштабу 1:200 000.

В УЦМЗР також були проведені роботи для визначення змін лісового покриву окремих регіонів України, які відбулись за останні 12 років. Для цього були використані знімки SPOT та Landsat з власного архіву центру. В результаті робіт були отримані дані про сучасний стан лісового покриву Закарпаття та південного Криму, що можуть бути використані для актуалізації параметричної бази систем прогнозування паводкової, зсувової та селевої активності у цих регіонах.

Таким чином показано високу ефективність застосування засобів дистанційного зондування Землі для актуалізації інформаційної бази ПМК НС. Проте, виконання цих робіт в масштабах Урядової інформаційно-аналітичної системи з надзвичайних ситуацій в повному обсязі можливо тільки на рівні відповідної державної програми, яка б виконувалась призначеними для цього відомствами.

Список літератури

1. Ішук О.О., Ободовський О.Г., Коноваленко О.С. Взаємодія ГІС та проблемно-орієнтованих моделюючих комплексів в системах прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з паводками // Науковий збірник КГУ «Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія», 3т, 2002 р. –С.53- 59.
2. Ішук О.О. , Середінін Є.С. Прогнозування й оцінка наслідків екстремальних повеневих ситуацій засобами просторового аналізу ГІС // Вісник геодезії та картографії, № 2, 2000. –С.37-42.
3. Сусідка М.М. Математичне моделювання процесів формування стоку, як основа прогностичних систем // Науковий збірник КГУ «Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія», 1т, 2000 р. –С.32- 40.
4. Наукова доповідь. Наукові засади управління техногенно-природною безпекою населення та забезпечення стійкості економіки України при можливих надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру / Науковий керівник- Дорогунцов С.І. – Київ: Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Національна Академія наук України, 1999.
5. Доповідна записка. Стан природно-техногенної безпеки України та основні напрямки підвищення її рівня. – Київ: Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Національна Академія наук України, 2000.
6. Доповідна записка. Стан техногенної та природної безпеки України. – Київ: Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Національна Академія наук України, 2001.
7. Ишук А.А., Швайко В.Г. и др. Создание моделирующих комплексов прогнозирования и оценки последствий чрезвычайных ситуаций для Правительственной информационно-аналитической системы на платформе ArcGIS (ESRI) // Материалы 5-й международной конференции «Геоинформационные технологии в управлении территориальным развитием», - АР Крым, г. Партенит 27-31 мая 2002 года.
8. GIS Hydro'99 / Introduction to GIS Hydrology. – ESRI International User Conference (CD-R), 1999. <http://www.crwr.utexas.edu/gis/gishyd99/GisHyd99.htm>

Ищук А.А. Методологические особенности использования аналитических и моделирующих средств ГИС для прогнозирования и оценки последствий чрезвычайных ситуаций на территории Украины.

Аннотация: Выбор алгоритма прогнозирования пространственного развития и оценки последствий чрезвычайной ситуации в значительной мере определяется детальностью и полнотой информации об объекте исследований и его окружении. Последние, в свою очередь, ограничены возможностями существующих систем мониторинга окружающей среды, а также полнотой и актуальностью имеющегося фонда электронных карт территории. Освещению именно этого аспекта методологического обеспечения работ по созданию прогнозно-моделирующих комплексов для оценки последствий чрезвычайных ситуаций на территории Украины посвящается данная публикация.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, геоинформационные системы, пространственный анализ данных, моделирование.

Ищук О.О. Методологічні особливості використання аналітичних та моделюючих засобів ГІС для прогнозування і оцінки наслідків надзвичайних ситуацій на території України.

Анотація: Вибір алгоритму прогнозування просторового розвитку та оцінки наслідків надзвичайної ситуації значною мірою визначається детальністю та повнотою інформації про об'єкт досліджень і його оточення. Останні, у свою чергу, обмежені можливостями існуючих в регіоні систем моніторингу природного середовища, а також повнотою та актуальністю наявного фонду електронних карт території. Освітленню саме цього аспекту методологічного забезпечення робіт по створенню прогнозно-моделюючих комплексів для оцінки наслідків надзвичайних ситуацій на території України присвячена ця публікація.

Ключові слова: надзвичайні ситуації, геоінформаційні системи, просторовий аналіз даних, моделювання.

Ischuk O. Methodological Peculiarities of GIS Analytical and Modeling Tools Application for Prediction and Evaluation of Emergency Situations Consequences in Ukraine.

Summary: Evaluation of spatial distribution and consequences of emergency situations is substantially determined by prognostic algorithm selection and by existence of detailed terrestrial information. The last one in turn is limited as by capabilities of existent data collection and monitoring systems as by comprehensiveness and actuality of digital maps of territories of interest. This paper is devoted in particular to methodological aspects of prognostic-modeling complexes for evaluation of consequences of emergency situations on the territory of Ukraine.

Keywords: Emergency Situations, Geographic Informational Systems, Spatial Analysis, Modelling