

УДК 911.3:614.8.01(063)

Андрій Орещенко, к. геогр. н., наук. співробітник  
e-mail: logograd@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

## ВИДИ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЮ БЕЗПЕКОЮ РЕГІОНУ

У статті піднімається проблема моделювання надзвичайних ситуацій. Розглядаються етапи в оперуванні інформацією щодо їх перебігу. Визначено актуальний стан справ у цій сфері, описується ступінь розробленості цієї теми у вітчизняній науці. Запропоновано підхід до реалізації управління надзвичайними ситуаціями. Наведено класифікацію картографічних моделей за часовою приналежністю щодо проходження несприятливих явищ, охарактеризовано моделі, які входять у цю класифікацію. Особливу увагу заслуговують картографічні моделі виникнення і поширення НС, які об'єднують просторові й аналітичні способи оброблення інформації та в загальних рисах використовують методи, подібні до поширених в машинобудуванні (механіці) в останні роки. Зроблено висновок про роль економічної складової у вирішенні питання підходів до моделювання надзвичайних ситуацій, а саме значення виділеного бюджету і ресурсів.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, природна, техногенна, безпека, картографічна модель, класифікація, економіка.

### Андрей Орещенко. ВИДЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ РЕГИОНА

В статье поднимается проблема моделирования чрезвычайных ситуаций. Рассматриваются этапы в манипулировании информацией об их протекании. Определено актуальное состояние дел в этой сфере, описывается степень разработанности данной темы в отечественной науке. Предложен подход к реализации управления чрезвычайными ситуациями. Приведена классификация картографических моделей по временной принадлежности к прохождению неблагоприятных явлений, охарактеризованы модели, входящие в эту классификацию. Особое внимание заслуживают картографические модели возникновения и распространения НС, объединяющие пространственные и аналитические способы обработки информации и в общих чертах использующие методы, подобные распространенным в машиностроении (механике) в последние годы. Сделан вывод о роли экономической составляющей в решении вопроса подходов к моделированию чрезвычайных ситуаций, а именно значение выделенного бюджета и ресурсов.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, естественная, техногенная, безопасность, картографическая модель, классификация, экономика.

### Andrey Oreshchenko. KINDS OF CARTOGRAPHIC MODELS USED FOR NATURAL AND ANTHROPOGENIC SAFETY MANAGEMENT OF REGION

Emergency situations modeling is an important issue for social and economic geography. The article deals with its mapping aspect, in particular, stages of handling information on its progress. In order to underscore the importance of this problem using existing publications and topics of researches which are performed in research institutions there is characterized the current state of affairs in this area. The degree of elaboration of this theme in domestic science was described. On the basis of the studied materials an emergency management approach was proposed. It involves several types of cartographic models depending on the purpose and expected results. The outcome is several classifications of cartographic models, which are based on target audience, functional features and the relation of models to the emergency. The models which are identified by the first two classifications have feedbacks: audience extension provides the reduction of functional capabilities and vice versa. Classification in relation to the subject provides the presence of primary (factual and parametric) maps, which displays exactly actual emergencies, adverse phenomena and their characteristics. The secondary ones are estimation and probabilistic models which characterize an impact and occurrence possibility of emergencies and uses for their predictions, combating and elimination.

It was established that the temporal identity of emergency passing could be the basis for the classification is the most natural and conducive way of understanding. According to this one they marked out the maps of hazards and risk of emergencies, maps used for prediction and prevention of hazards, models for decision support systems (DSS), monitoring maps for operational management during rescue and the maps of affection objects. Particularly noteworthy are cartographic models of arising and spreading of emergencies that combine spatial and analytical methods of information processing and in general use the methods which are similar to common ones in engineering (mechanics) which takes place for some recent years.

The choice of models for emergency management takes into consideration the economic component, namely the allocated budget and resources that are taken into account in the conclusions of the article.

**Keywords:** emergency, natural, anthropological, security, mapping model, classification, economy.

#### Постановка проблеми у загальному вигляді.

Природно-техногенна безпека регіону – це захищеність життєво-важливих інтересів людини, об'єктів природи та техносфери від реальних або потенційних загроз, створюваних антропогенними або природними чинниками навколишнього середовища [9].

Управління природно-техногенною безпекою (ПТБ) означає передбачення, моделювання, контроль та запобігання реальним або потенційним загрозам

антропогенного та природного характеру. Можна виділити кілька етапів розвитку цієї сфери:

- первинного накопичення відомостей про надзвичайні ситуації (НС) природного і техногенного походження;
- спроби описати НС за допомогою аналітичних моделей;
- просторового (картографічного) моделювання;
- об'ємного моделювання із врахуванням фізичних, механічних і просторових характеристик природних явищ і процесів.

Сучасний стан управління надзвичайними

ситуаціями характеризується переходом від оперування інформацією про НС до розуміння їх суті і закономірностей перебігу. Якщо нещодавно актуальним було маніпулювання формою представлення даних про НС (в т. ч. за допомогою ГІС), то найближчою перспективою видається перекладення проходження і властивостей природних процесів на фізико-математичну основу. Це дозволить мінімізувати кількість надзвичайних ситуацій і приймати на порядок якісніші управлінські рішення.

Цей етап одночасно передбачає включення економічної складової в логіку прийняття рішень. Тобто поняття «ефективність» набуває такої ж важливості, як і «функціональність». Прийнятий варіант у процесі управління НС визначається не тільки і не стільки його доступністю чи можливістю реалізації, а все більшою мірою ефективністю (як абсолютною, так і в порівнянні та поєднанні з конкуруючими пропозиціями). Це приводить до потреби прораховувати дієвість рішень, тобто моделювати НС, процес її ліквідації і діяльність структур, відповідальних за це.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Природна та техногенна безпека є досить добре опрацьованою вітчизняними та іноземними вченими. Над цим питанням працюють спеціалісти університетських кафедр економічної та соціальної географії, Інститут географії НАНУ, Рада по вивченню продуктивних сил України, Національний інститут стратегічних досліджень, а також деякі комерційні організації, які працюють з ГІС (Esom Co.). Фундаментальні праці Б.М. Данилишина, А.В. Степаненка, Є.В. Хлобистова закладають основи в дослідженні цієї теми в Україні. Картографічному аспекту цієї проблеми приділили увагу А.Л. Мельничук, Л.Г. Руденко, А.А. Салтовець, О.М. Глущенко, О.О. Іщук, М.А. Сафронов, В.В. Фуряєв та інші.

Всі праці можна умовно поділити на такі категорії:

- визначення актуальності питання, як у [5, 13, 24];
- опис проблеми і викладення способу її вирішення [8];
- використання методів різних наук (в яких працює автор роботи) для вирішення проблеми [28, 19];
- опис світового досвіду [28];
- виведення аналітичних моделей НС [27].

Окреме місце займають дисертація [7] і монографія [10]. Також є роботи комерційного, а не наукового спрямування, виконані з метою:

- демонстрації готовності працювати у цій сфері для отримання замовлення [3];
- просування певних програмних продуктів [3, 14, 6, 22];
- викладення досвіду створення різних систем моніторингу і запобігання НС [17, 11, 25]. Останні можуть називатись «розрахунково-аналітична система» [23], ГІС «Керування ризиками і надзвичайними ситуаціями» [26] тощо.

У більшості із вказаних вище робіт досліджуються можливості ГІС стосовно моделю-

вання, прогнозування, запобігання і протидії НС. Складання класичних карт не користується увагою науковців (публікацій майже немає).

Над «Картографічним моделюванням умов виникнення надзвичайних ситуацій в Україні» (№ 0109U006425) працює Інститут географії НАН України. Як результат можна вказати «Атлас природних, техногенних і соціальних небезпек виникнення надзвичайних ситуацій», в якому розміщено 143 карти з пояснювальними текстами.

Подібну роботу виконував науково-дослідний сектор Регіональних проблем економіки і політики географічного факультету КНУ імені Тараса Шевченка. Бюджетна тема «Екологічна і природно-техногенна безпека України в регіональному вимірі» (№ 0114U003476) передбачала створення відповідного геопорталу [35].

Український гідрометеорологічний інститут розробляє деталізовані карти майбутніх кліматичних умов для території України за різними сценаріями зміни клімату (№ 0112U005844). Сюди ж можна віднести статтю [20] про створення геоінформаційних 3D-моделей, призначених для визначення імовірності, умов виникнення, проходження і наслідків НС та несприятливих природних процесів: розростання ярів, розмиву берегів річок тощо. Подібні дослідження мають місце у Російській Федерації. У 2013 р. успішно захищені дисертації [29, 2], є численні публікації, наприклад [1, 34].

Впродовж 1997-2010 рр. фірмою «Комп'ютерні інформаційні технології» створено Урядову інформаційно-аналітичну систему з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС) на замовлення Кабінету Міністрів України та МНС [32]. В межах цієї програми створено 6 прогнозно-моделюючих комплексів (ПМК НС): для паводків, викидів в атмосферу небезпечних хімічних речовин, селів і карстових проявів [30], згодом з'явилися ПМК «Підтоплення» та «Зсув».

В Росії на замовлення МЧС, інших відомств та в ході виконання наукових програм розроблено численні ГІС для попередження і ліквідації НС, наприклад «Екстремум», «ИНТРО-ГІС». Підтримка прийняття рішень реалізується шляхом вибору, відображення та аналізу на електронній карті зведеної інформації про положення зареєстрованих надзвичайних ситуацій, зон їх можливого впливу, погодних умов, маршрутів можливої евакуації населення [12]. Але такі системи не є автоматизованими: для планування заходів і підготовки рішень залучають експертів різної кваліфікації.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Одним із способів оцінки дієвості рішень і моделювання НС є використання картографічних моделей. Проблемою, як це не парадоксально, є «розрахунок ефективності» використання саме картографічних продуктів. Наскільки паперові карти і їх серії, настільні чи онлайн-ГІС, тривимірні чи твердотільні моделі будуть зручними для певної аудиторії користувачів, скажімо, управлінців або службовців? Яка кваліфікація потрібна для користування ними? І хоч сучасні карти і програмні продукти мають дружній інтерфейс, для

оперування ними потрібні базові знання з картографії та географії. Робота з картою не має викликати складнощів для фахівців із юридичною або економічною освітою, що не можна гарантувати для ГІС.

**Постановка завдання.** Метою цієї статті є узагальнити картографічні моделі, які можуть використовуватись для управління ПТБ регіону, запропонувати їх класифікації, що дозволить порівняти ці продукти і краще розуміти їх роль у цьому процесі.

**Викладення матеріалу дослідження.** Управління надзвичайними ситуаціями характеризується різноманітністю об'єкта дослідження. Це нагадує суднобудування або геодезію: кожний проект, пов'язаний з НС (незалежно – передбачення чи ліквідація наслідків) потребує індивідуального підходу і значних зусиль на його розроблення. Крім того, останній може змінитись через нові обставини в ході його реалізації або для підвищення ефективності роботи.

Ця галузь потребує залучення відносно великої кількості методів наукового дослідження, один з яких полягає у маніпулюванні способами представлення інформації. Окремий вид реалізації вищевказаного метода називається картографічне моделювання. Останнє дозволяє виявляти не тільки просторові закономірності НС, а й отримувати нові дані про негеографічні характеристики об'єктів. Ще одною підставою використовувати цей метод є домінування в об'єкті дослідження географічної інформації. Останню зручно подавати саме на картах.

Картографічні моделі можна класифікувати, використовуючи їх характеристики (аудиторію, функціональні можливості, відношення до НС). Перші дві мають зворотний зв'язок: з розширенням аудиторії зменшується функціонал і навпаки. Тому статистичні й анімаційні карти доцільно використовувати для широкої аудиторії з метою загального озайомлення з темою. Онлайн-системи більш складні й створені для зацікавленої аудиторії (аматорів) для здійснення науково-популярних досліджень. Вони дозволяють керувати змістом, здійснювати деякі вимірювання і створювати прості тематичні карти. Програмні комплекси на основі ГІС чи систем автоматизованого проектування призначені для висококваліфікованих фахівців.

Ще одною характеристикою є відношення до НС. Первинними є фактологічні і параметричні карти, на яких відображено власне надзвичайні ситуації, несприятливі явища та їх характеристики. Вторинними є оцінкові й імовірнісні моделі, які характеризують вплив та імовірність виникнення НС і використовуються для їх передбачення, протидії та ліквідації.

Але найбільше, на думку автора, заслугоує уваги класифікація картографічних моделей за часовою приналежністю щодо проходження НС. Першими можна поставити *карти небезпек і ризиків*, які відображають:

- джерела небезпек (потенційно небезпечні об'єкти і комунікації, заторнебезпечні ділянки річок, скотомогильники, невогнетривкі будівлі);

- ризики різних видів НС (паводків, сейсморування, районування лісів за горючістю тощо). Комплексні карти оцінки небезпеки території поєднують ці показники;

- уразливість території, яка може включати такі показники: густоту населення, інтенсивність руху по магістралям, розташування важливих об'єктів економіки і місць масового скупчення людей;

- комплексну оцінку захищеності території: мережі оперативного моніторингу, розміщення сил і засобів реагування і протидії НС (рятувальні формування, екстрені служби), місця евакуації, безпечні зони тощо.

*Карти для прогнозування і запобігання НС* відображають статистику подій досліджуваного характеру і наявність небезпеки внаслідок об'єктивних фактів (розташування техногенного об'єкта, геологічної будови). Ці моделі є більше картами, ніж програмами, але мають статистичні, математичні, графоаналітичні та матричні функції для визначення закономірностей (в т.ч. аналітично) у виникненні та перебігу НС. Вони не враховують просторову складову явищ і процесів, оскільки використовують здебільшого аналітичні моделі.

Прогностичні картографічні моделі використовують наочні зображувальні засоби, які передають найменші деталі картографованого явища. Наприклад, кількість градацій насиченості кольору обмежена приблизно десятьма. Тому під час складання прогностичних карт потрібно використовувати не тільки насиченість, а й зміну тону (кольоровий градієнт). Відповідно, ізолінії з пошаровим зафарбуванням набувають ознак якісного фону (за класичною теорією картографії це помилка).

*Моделі для систем підтримки прийняття рішень (СППР)* призначені для складання технічних проектів, заходів з ліквідації НС тощо, тобто під час досить творчого процесу планування і керування неструктурованими багатокритеріальними задачами. Використання статичних паперових карт є недоцільним через неможливість інтерактивної взаємодії з користувачем і зміни переліку і форми представлення інформації. Системою підтримки прийняття рішень може стати ГІС із набором даних, система автоматизованого проектування з кресленням вузлів гідротехнічної споруди.

Інформація в більшості НС прив'язана до території, а не розташування вузлів і їх призначення, тому рішення приймаються з огляду на розташування цільового об'єкта і реципієнтів. Відповідно розробники програм для управління НС в більшості випадків намагаються використати базовий функціонал ГІС, дооснастивши його потрібними компонентами. Останніми є просторові й аналітичні моделі різних НС [13], а саме: оцінка зони затоплення, наслідків ураганів, лісових пожеж, руйнувань від вибуху паливно-повітряної суміші, вплив викидів шкідливих речовин в атмосферу, розподіл інтенсивності землетрусу по території, тобто закономірності руйнування штучних об'єктів і враження людей від дії певних факторів визначеної інтенсивності. Ці відомості містяться в базі СППР, а сама модель існує у вигляді модуля, плагіну чи

інструменту ГІС.

*Карти-монітори* – відстежують у режимі реального часу перебіг НС, локалізацію і дії підрозділів по боротьбі з нею. Для їх функціонування потрібне безперервне надходження даних, які збирають переважно дистанційно. Карти – монітори, крім відображення НС, використовуються для:

- збору й аналізу інформації щодо потенційно-небезпечних об'єктів, промислових джерел надзвичайних ситуацій і власне НС та їх факторів;
- розроблення прогнозів по НС, спираючись на зібрану інформацію;
- створення банків даних на вибрану територію;
- реалізації запитів про події з певними характеристиками;
- передачі даних до інших картографічних моделей.

Така карта повинна відповідати вимогам наочності, повноти і точності (достовірності). Наочність карти забезпечується зрозумілим і чітким відображенням ситуації з виділенням її головних елементів, що досягається правильним використанням і чітким накресленням умовних позначень, правильним розташуванням службових і пояснювальних написів, чітким зображенням фактичного положення сил і засобів ліквідації НС і передбачуваного характеру їх дій.

Повнота нанесеної на карту ситуації визначається об'ємом відомостей, необхідних для керування силами і засобами ліквідації НС.

Точність (достовірність) нанесеної ситуації на карту досягається її відповідністю дійсному положенню частин і формувань сил і засобів ліквідації НС на місцевості та реальним наслідкам дії вражаючих факторів джерела НС.

Така карта містить інформацію про:

- головні небезпечні об'єкти природного і техногенного походження – потенційні джерела НС;
- зони імовірного враження навколо потенційно небезпечних об'єктів;
- об'єкти, які підлягають негативній дії вражаючих факторів НС;
- інфраструктуру і комунікації;
- об'єкти, які можуть вплинути на перебіг НС або бути задіяними під час ліквідації наслідків останньої;
- дислокації частин і формувань, які можна задіяти в ліквідації НС.

Якщо цей клас моделей оснастити модулем зв'язку з силами реагування, отримаємо *моделі для оперативного управління під час ліквідації НС*. Вони дозволяють визначити кількісний і якісний склад сил і засобів, доступних для ліквідації, а також найбільш раціональні варіанти їх розподілу і доставки до місця НС. Крім того, для вирішення цієї задачі потрібно мати точну і достовірну інформацію про саму НС, отримання якої в перші хвилини виникнення НС є проблемою. В більшості випадків інформація надходить неповна і з різних джерел. Для її верифікації співставляють нанесені на картографічну модель потенційно небезпечні об'єкти та інформацію про НС, яка щойно надійшла. Це дозволяє визначити ступінь небезпеки і перелік

засобів для їх ліквідації.

Звичайно, не всі джерела потенційної небезпеки є стаціонарними і підлягають картографуванню. Наприклад, під час сходження потяга з рейок досить проблематично встановити ступінь небезпеки без уточнення у диспетчера складу вантажу, який перевозив потяг. Тим не менше, карта спрощує локалізацію НС, визначення шляхів підступу до неї і перелік служб, які можна задіяти для її ліквідації [15].

*Карти-моделі виникнення і поширення НС*. Аналітичні моделі, розроблені для прогнозування наслідків метеорологічних, геологічних та гідроекологічних природних процесів, техногенних аварій та катастроф використовуються вже тривалий час. Вони дають можливість вирахувати значення одного параметра (швидкості поширення лісової пожежі) за іншими відомими характеристиками надзвичайної ситуації – швидкістю вітру, віком і флористичним складом лісів. Але аналітичне моделювання не враховує просторові фактори, які не можна закласти у формулу: поширення лісу на площі, рельєф тощо. Їх можна передати тільки за допомогою картографічної моделі.

Виникає потреба назвати цей твір. Автор пропонував термін «твердотільна модель». Їх використовують у машинобудуванні для розрахунку міцності деталі та деформацій останньої під час дії механічних навантажень. Проте редакційна колегія науково-виробничого журналу «Вісник геодезії та картографії» запропонувала термін «геоінформаційне 3D-моделювання» для позначення галузі, яка враховуватиме імовірність виникнення і наслідки явища із врахуванням механіки взаємодії і фізики природних тіл на визначеній території за вказаних умов [20]. З точки зору автора, найбільш вірним є такий термін: 3D-модель на основі теорії поля і механічної взаємодії тіл ландшафтів.

З картографічної точки зору найбільш наближеною до вирішення такої задачі є ГІС. Але з погляду функціонального забезпечення подібними є програми твердотільного моделювання, на зразок SolidWorks, меншою мірою тривимірного моделювання, як-то Maya чи 3ds Max. Останні мають одну велику перевагу: передбачають доступ до редагування тривимірних сіток, на відміну від ГІС.

З точки зору принципів функціонування модель виникнення і поширення НС має кілька складових: аналітичну, фізико-механічну і графічну (картографічну чи геопросторову).

Аналітична складова – набір формул, які описують характер протікання явища чи події. Вони виводяться за результатами польових досліджень.

Геофізика і геомеханіка описують однойменні властивості простору і тіл ландшафту, які взаємодіють між собою. Наприклад, рух води в руслі річки – це гідромеханічний процес, умови протікання якого визначаються в'язкістю води і стійкістю породи до розмивання.

Геопросторова складова визначає геометрію природних тіл, наприклад, товщину ґрунтового шару, кількість викинутої забруднюючої речовини.

В геоінформаційній системі взаємодія цих час-

тин реалізується за допомогою ітерацій. Результати попередньої ітерації (зміщення природних тіл, зміна умов) використовуються для розрахунку вихідних умов для наступної ітерації. Інтервали часу вибираються так, щоб зміна умов впродовж цього інтервалу не виходила за межі похибки моделі. Таким чином, НС розгортається аналогічно до природних умов.

Результатом роботи такої моделі може бути як карта (серія карт), так і серія моделей (представлених у вигляді матриці чисел, які для зручності роботи можна подати як 16-бітовий растр в градаціях сірого). Цю серію моделей можна завантажити в редактор тривимірної графіки (типу 3ds Max), а краще в генератор ландшафтів (типу Bryce або Vue xStream), виконати інтерполяцію і вивести реалістичну анімацію проходження НС.

Тим не менше, не дивлячись на явну просторову складову, моделювання природних процесів – це більшою мірою математика. Відповідно, для кожної ситуації характерна взаємодія визначених складових ландшафту за власними законами, які впливають з їх механічних властивостей і агрегатного стану. Тому для кожного типу НС потрібна власна модель зі специфічним набором даних, тобто окремий модуль чи програма [16].

Наприклад, вхідними даними для моделі втрати стійкості і зсуву ґрунту внаслідок надмірної кількості опадів є відомості про ґрунтові горизонти, залягання підземних вод, інтенсивність опадів і рельєф, а вихідними – час зсуву, його масштаб, об'єм ґрунту, який сповзає, площу, яку охопить це явище та інші механічні та просторові характеристики. Також планувалась можливість реалістичної візуалізації проходження НС шляхом анімації.

Важливим було саме введення в розрахунки саме картографічних (просторових) даних про розташування частин (тіл) моделі. Але головна суть завдання полягала у створенні концепції і технології такого моделювання, незалежної від конкретного природного явища. Через кілька років (2010-2013)

подібну роботу виконав автор дисертації [29].

*Карти об'єктів враження.* До таких належать карти природних і техногенних об'єктів, які потрапляють під дію вражаючих факторів певного несприятливого явища або НС. Об'єктами картографування є навколишнє середовище і окремі його компоненти, сільськогосподарські угіддя, заселені території, інфраструктура і комунікації. Вразливість об'єкта визначається його внутрішніми характеристиками і реакцією на дію несприятливих факторів. Міста, люди, будівлі, компоненти ландшафтів можуть стати реципієнтами і модель з останніми дозволяє відразу оцінити ступінь небезпеки.

На таких картах окремим компонентом змісту можуть бути показані зони враження і прояву несприятливих явищ. Такі зони розраховуються на основі відомостей про локалізацію і силу дії фактора враження. Сама зона враження в поєднанні зі стійкістю об'єктів використовується для розрахунку ступеню впливу на об'єкти та їх руйнування.

#### **Висновки і перспективи подальших розвідок.**

В кінцевому випадку впровадження картографічних моделей для управління природно-техногенною безпекою регіону зведеться до вирішення конкретної задачі в межах наявного бюджету і ресурсів. Це передбачає максимальне використання вже доступних технологій з їх доопрацюванням: збором інформації і адаптацією існуючих комплексів до задач, які постали.

Включення картографічних моделей у процес прийняття рішень і роботу під час всіх процесів, пов'язаних з НС, може суттєво збільшити їх ефективність. Але без спеціалістів із належним рівнем кваліфікації це рішення може втратити ефективність. Тому важливим є включення в програму підготовки спеціалістів на рівні інтеграції навчальні дисципліни вивчення і аналіз ефективності і приймати такі рішення. А також тих, які мають компетенції з самоосвіти і можуть розібратися з ГІС-аналізом.

#### **Список використаних джерел:**

1. Абрахин С.И. Математическое моделирование последствий прорыва плотины на реке с использованием ГИС-технологий [Текст] / С.И. Абрахин // Материалы XIII Всероссийской научно-методической конференции ["Телематика 2006"], (Санкт-Петербург, 5-8 июня 2006 г.) / Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2006. – 217 с.
2. Абрахин С.И. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций на основе математических моделей с применением ГИС-технологий: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. тех. наук: спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» [Текст] / Сергей Иванович Абрахин. – Иваново, 2013. – 20, [1] с.
3. Барладін О.В. Геоінформаційний проект з реагування на надзвичайні ситуації з базами даних та інфраструктурою Київської області [Текст] / Барладін О.В., Миколенко Л., Скляр О.Ю. // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Сер. «География». – 2012. – Том 25(64). – № 1. – С. 7-13.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях [Текст]: ГОСТ Р 22.0.10-96. – [Введен в действие 01 07 1997 г.]. – М.: Госстандарт России, 1996. – 23 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).
5. Буц Ю.В. До питання картографування надзвичайних ситуацій, викликаних лісовими пожежами [Текст] / Ю.В. Буц // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – 2013. – Вип. 18. – С. 30-34.
6. Ветцель И. Н<sub>2</sub>O: Подход компании Нехагон к решению проблемы раннего предупреждения ЧС и действиям в кризисных ситуациях [Текст] / Ирина Ветцель // Геодезия, картография и аэрофотознімання. – 2013. – Вип. 78. – 256 с.
7. Гаврилова С.А. Картографирование природных чрезвычайных ситуаций на территории России: автореф.

- дис. на соискание уч. степени канд. геогр. наук: спец. 25.00.33 „Картография” [Текст] / Софья Андреевна Гаврилова. – М., 2013. – 11 с.
8. Гриб О.Г. Система поддержки принятия решения при аварийных ситуациях в энергосистемах / Гриб О.Г., Довгалюк О.Н., Ерохин А.Л. // *Світлотехніка та електроенергетика*. – 2008. – № 4. – С. 64-68.
  9. Екологічна і природно-техногенна безпека України в регіональному вимірі: Звіт про науково-дослідну роботу [Текст] / [Мельничук А.Л., Черкаська О.О., Орещенко А.В. та ін.]. – Київ, 2014. – 9 с.
  10. Іванюта С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: монографія / С.П. Іванюта, А.Б. Качинський. – К.: НІСД, 2012. – 308 с.
  11. Інформаційна технологія моніторингу повеней з використанням даних ДЗЗ [Текст] / [Самойленко Л.І., Колос Л.М., Підгородецька Л.В. та ін.] // *Космічна наука і технологія*. – 2009. – Т. 15. – № 3. – С. 50-55.
  12. Ішук О.О. УІАС НС – як базова модель єдиного інформаційно-аналітичного простору відомчих ІАС України [Текст] / О.О. Ішук // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского*. – 2009. – Сер. География. – Т. 22 (61). – № 1. – С. 33-38.
  13. Касьяненко В.О. Розвиток інформаційних систем управління екологічними процесами [Текст] / В.О. Касьяненко, В.О. Руденко // *Вісник СумДУ. Сер. Економіка*. – 2009. – № 1. – С. 35-43.
  14. Коротун В.Л. Математическое моделирование территорий зон чрезвычайных ситуаций [Текст] / В.Л. Коротун, В.Н. Щепилов // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Сер. География*. – 2010. – Т. 23 (62). – № 2. – С. 167-173.
  15. Кузємин А.Я. Разработка распределенной геоинформационной системы для управления чрезвычайными ситуациями [Текст] / Кузємин А.Я., Климов И.Н., Бухтиярова И.А. // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. – 2010. – Т. 12. – № 3. – С. 65-70.
  16. Митакович С.А. Разработка систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций на базе ГИС [Текст] / С.А. Митакович // *Геоматика*. – 2014. – № 4. – С. 94-99.
  17. Молочко А.В. Геоинформационное картографирование геоэкологических рисков [Текст] / А.В. Молочко // *Известия Саратовского университета. Сер. Науки о Земле*. – 2010 – Т. 10. – Вып. 1. – С. 35-40.
  18. Немтинов В.А. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций с использованием информационных технологий [Текст] / Немтинов В.А., Немтинова Ю.В., Зимнухова Ж.Е. // *Геоматика*. – 2014. – № 4. – 90 с.
  19. Омельчук В.В. Основи застосування даних дистанційного зондування землі з космосу для екологічного моніторингу [Текст] / Омельчук В.В., Піонтківський П.М., Снецар В.І. // *Вісник ЖДТУ*. – 2006. – № 2 (37). – С. 92-98.
  20. Орещенко А.В. Геоінформаційне 3D-моделювання – новітня технологія географічних досліджень [Текст] / Андрій Васильович Орещенко // *Вісник геодезії та картографії*. – 2012. – № 5. – С. 36-38.
  21. Орещенко А.В. Створення довідково-аналітичної геоінформаційної системи природних і техногенних надзвичайних ситуацій [Текст] / Андрій Васильович Орещенко // *Економічна та соціальна географія*. – 2014. – Вип. 2 (70). – 301 с.
  22. Пивняк Г.Г. ГИС-технология интегрированного анализа разнородных и разноуровневых геоданных [Текст] / Пивняк Г.Г., Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. // *Доповіди Національної академії наук України*. – 2007. – №7. – С. 121-128.
  23. Путренко В.В. Мультимасштабні картографічні моделі аналізу небезпек та ризиків надзвичайних ситуацій [Текст] / В.В. Путренко // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского*. – 2013. – Сер. География. – Т. 26 (65). – № 1. – С. 136-144.
  24. Руденко Л.Г. Оцінювання й картографування ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в Україні – європейський контекст [Текст] / Л.Г. Руденко, О.Л. Дронова // *Український географічний журнал* – 2014. – № 1. – С. 53-60.
  25. Салтовец А.А. Современное состояние ГИС-составляющей правительственной информационно-аналитической системы по чрезвычайным ситуациям [Текст] / А.А. Салтовец, О.С. Соколова // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Сер. «География»*. – 2009. – Том 22 (61). – № 1. – С. 90-98.
  26. Серебряков С.В. ГИС для территориальных центров мониторинга [Текст] / С.В. Серебряков, В.В. Гусев // *Геопрофи*. – 2004. – № 5. – 13 с.
  27. Таланов Е.А. Картографирование эколого-экономического риска на эрозионноопасной территории [Текст] / Е.А. Таланов // *Известия Томского политехнического университета*. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 141-145.
  28. Фотограмметричні методи в оцінці надзвичайних ситуацій [Текст] / [О.Л. Дорожинський, Р.М. Тукай, Б.В. Четверіков, Л.В. Бабій] // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 2013. – Вип. 78. – С. 16-23.
  29. Шихов А.Н. Комплексный мониторинг и оценка геоэкологических последствий опасных гидрометеорологических явлений на территории Уральского Прикамья: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. геогр. наук: спец. 25.00.36 «Геоэкология» / Андрей Николаевич Шихов. – Казань, 2013. – 20,[1] с.
  30. Ішук О.О. Методологічні особливості використання аналітичних та моделюючих засобів ГІС для прогнозування і оцінки наслідків надзвичайних ситуацій на території України [Електронний ресурс] / О.О. Ішук. – Режим доступу: [http://www.ulrnc.org.ua/publication/hazardous/ModelingGISinAssessmentofHazardousSituations\\_ukr.pdf](http://www.ulrnc.org.ua/publication/hazardous/ModelingGISinAssessmentofHazardousSituations_ukr.pdf)
  31. Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» [Электронный ресурс]. – Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446р.

- Режим доступа: <http://government.ru/docs/16082>
32. Сайт компанії «Комп'ютерні інформаційні технології» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kitsoft.kiev.ua/product/uias-ns>
33. Сулятицький П.Р. Геоінформаційні системи на службу працівникам Міністерства надзвичайних ситуацій України [Електронний ресурс] Сулятицький П.Р., Ногачевський О.М., Грицюк Ю.І. – Режим доступу: <http://ubgd.lviv.ua/moodle/pluginfile.php/14209>
34. Фильков А.И. Геоинформационный программный комплекс прогноза пожаров на торфяниках [Электронный ресурс] / А.И. Фильков, Д.А. Гладкий // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/1115.pdf>
35. Ukraine Emergency Situations. Available at: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=e723c5bb61714679ada0d36de9bb3dd5>.

#### References:

1. Abrakhin, S.I. (2006). Matematicheskoe modelirovanie posledstviy proryva plotiny na reke s ispolzovaniem GIS-tehnologiy [Mathematical modeling of aftereffects of a river dam break with GIS technology using]. *Materialy XIII Vserossiyskoi nauchno-metodicheskoi konferentsii* ["Telematika'2006"], (Sankt-Peterburg, 5-8 iyunya 2006 g.). Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyi universitet informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki, 217.
2. Abrakhin, S.I. (2013). Prognozirovanie posledstviy chrezvychaynykh situatsiy na osnovе matematicheskikh modelей s primeneniem GIS-tehnologiy [Predicting of consequences of emergency situations on the basis of mathematical models with using of GIS technology]. Ivanovo, 20 [1].
3. Barladin, O.V., Mykolenko, L., Sklyar, O.Yu. (2012). Geoinformatsiynyi proekt z reahuvannya na nadzvychayni sytuatsiyi z bazamy danykh ta infrastrukturoyu Kyivskoyi oblasti [Geoinformation project on emergency response with databases and infrastructure of Kyiv region]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Ser. «Geografiya»*, 25 (64), 1, 7-13.
4. Bezopasnost v chrezvychaynykh situatsiyakh. Pravila naneseniya na karty obstanovki o chrezvychaynykh situatsiyakh [Safety in emergencies. The rules of mapping of emergency situations consistence]: GOST R 22.0.10-96. – [Vveden v deystvie 01.07.1997 g.]. M.: Gosstandart Rossii, 1996, 23.
5. Buts, Yu.V. (2013). Do pytannya kartografuvannya nadzvychaynykh situatsiy, vyklykanykh lisovymy pozhezhamy [About the issue of emergencies mapping caused by forest fires]. *Problemy bezpererвної geografichnoi osvity i kartografii*, 18, 30-34.
6. Vetsel, I. (2013). H<sub>2</sub>O: Podkhod kompanii Hexagon k resheniyu problemy rannego preduprezhdeniya ChS i deystviyam v krizisnykh situatsiyakh [Approach of Hexagon company to problem solving of disaster early warning and action in crisis situations]. *Geodeziya, kartografiya i aerofotoznimannya*, 78, 256.
7. Gavrilova, S.A. (2013). Kartografirovanie prirodnykh chrezvychaynykh situatsiy na territorii Rossii [Mapping of natural emergency situations on the territory of Russia]. M, 11.
8. Grib, O.G., Dovgalyuk, O.N., Erokhin, A.L. (2008). Sistema podderzhki prinyatiya resheniya pri avariynnykh situatsiyakh v energosistemakh [Support desicion system of emergency situations in power systems]. *Svitlotekhnika ta elektroenergetyka*, 4, 64-68.
9. Melnychuk, A.L., Cherkaska, O.O., Oreshchenko, A.V. (2014). Ekologichna i pryrodno-tekhnohenna bezpeka Ukrainy v regionalnomu vymiri: Zvit pro naukovu-doslidnu robotu [Ecological, natural and anthropogenic safety of Ukraine in the regional aspect: Report on research work]. Kiev, 9.
10. Ivanyuta, S.P., Kachynskiy, A.B. (2012). Ekologichna ta pryrodno-tekhnohenna bezpeka Ukrainy: regionalnyi vymir zahroz i ryzykiv [Environmental and natural and anthropogenic safety of Ukraine: regional dimension of threats and risks: monograph]. K., NISD, 308.
11. Samoilenko, L.I., Kolos, L.M., Pidhorodetska, L.V. (2009). Informatsiyna tekhnologiya monitorynhu povney z vykorystanniam danykh DZZ [Information technology of flood monitoring using remote sensing data]. *Kosmichna nauka i tekhnologiya*, 15, 3, 50-55.
12. Ishchuk, O.O. (2009). UIAS NS – yak bazova model yedynoho informatsiyno-analitychnoho prostoru vidomchykh IAS Ukrainy [UIAS National Assembly – as a basic model of a single information and analytical space of Ukrainian departmental IAS]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Ser. «Geografiya»*, 22 (61), 1, 33-38.
13. Kasyanenko, V.O., Rudenko, V.O. (2009). Rozvytok informatsiynykh system upravlinnya ekolohichnymy protsesamy [The development of information systems of environmental processes management]. *Visnyk SumDU. Ser. Ekonomika*, 1, 35-43.
14. Korotun, V.L., Shchepilov, V.N. (2010). Matematicheskoe modelirovanie territoriy zon chrezvychaynykh situatsiy [Mathematical modeling of areas of emergencies zones]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Ser. Geografiya*, 23 (62), 2, 167-173.
15. Kuzyomin, A.Ya., Klimov, I.N., Bukhtiyarova, I.A. (2010). Razrabotka raspredelennoy geoinformatsionnoy sistemy dlya upravleniya chrezvychaynymi situatsiyami [Development of a distributed geographic information system for emergency management]. *Reyestratsiya, zberihannya i obrobka danykh*, 12, 3, 65-70.
16. Mitakovich, S.A. (2014). Razrabotka sistem prognozirovaniya chrezvychaynykh situatsiy na baze GIS [The development of prediction systems of emergency situations on the basis of GIS]. *Geomatika*, 4, 94-99.
17. Molochko, A.V. (2010). Geoinformatsionnoe kartografirovanie geoekologicheskikh riskov [GIS mapping of envi-

- ronmental risks]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle*. 10, 1, 35-40.
18. Nemtinov, V.A., Nemtinova, Yu.V., Zimnukhova, Zh.E. (2014). Prognozirovanie chrezvychaynykh situatsiy s ispolzovaniem informatsionnykh tekhnologiy [Predicting of emergencies using information technology]. *Geomatika*, 4, 90.
  19. Omelchuk, V.V., Piontkivskiy, P.M., Snyetsar, V.I. (2006). Osnovy zastosuvannya danykh dystantsiynoho zonduvannya Zemli z Kosmosu dlya ekologichnoho monitorynhu [Bases of using of remote sensing space data for environmental monitoring]. *Visnyk ZhDTU*, 2 (37), 92-98.
  20. Oreshchenko, A.V. (2012). Geoinformatsiynе 3D-modelyuvannya – novitnya tekhnologiya geohrafichnykh doslidzhen [Geoinformational 3D-modeling as a new technology of geographic researches]. *Visnyk geodezii ta kartografii*, 5, 36-38.
  21. Oreshchenko, A.V. (2014). Stvorennya dovidkovo-analitychnoi geoinformatsiynoi systemy pryrodnykh i tekhnichnykh nadzvychaynykh sytuatsiy [Creating a reference analytical geoinformation system of natural and anthropological emergencies]. *Ekonomichna ta sotsialna geografiya*, 2 (70), 301.
  22. Pivnyak, G.G., Busygin, B.S., Nikulin, S.L. (2007). Gis-tekhnologiya integrirovannogo analiza raznorodnykh i raznourovnevykh geodannykh [GIS technology of integrated analysis of diverse and multi-level geodata]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, 7, 121-128.
  23. Putrenko, V.V. (2013). Multymasshtabni kartografichni modeli analizu nebezpek ta ryzykiv nadzvychaynykh sytuatsiy [Multiscale cartographic models of analysis of emergencies dangers and risks]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Ser. Geografiya*, 26 (65), 1, 136-144.
  24. Rudenko, L.H., Dronova, O.L. (2014). Otsinyuvannya i kartografuvannya ryzykiv vynykennya nadzvychaynykh sytuatsiy v Ukraini – yevropeyskyi kontekst [Evaluation and mapping of emergencies risks in Ukraine – European context]. *Ukrainskyi geohrafichnyi zhurnal*, 1, 53-60.
  25. Saltovets, A.A., Sokolova, O.S. (2009). Sovremennoe sostoyanie GIS-sostavlyayushchey pravitelstvennoy informatsionno-analiticheskoy sistemy po chrezvychaynym situatsiyam [The current state of the GIS component of the government's information and analytical emergency management system]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Ser. «Geografiya»*, 22 (61), 1, 90-98.
  26. Serebryakov, S.V., Gusev, V.V. (2004). GIS dlya territorialnykh tsentrov monitoringa [GIS for regional monitoring centers]. *Geoprofi*, 5, 13.
  27. Talanov, E.A. (2007). Kartografirovanie ekologo-ekonomicheskogo riska na erozionnoopasnoy territorii [Mapping of environmental and economic risk for territory of erosion dangerous]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 311, 1, 141-145.
  28. Dorozhynskiy, O.L., Tukay, R.M., Chetverikov, B.V., Babiy, L.V. (2013). Fotogrammetrychni metody v otsintsi nadzvychaynykh sytuatsiy [Photogrammetric techniques in estimation of emergency situations]. *Geodeziya, kartografiya i aerofotoznimannya*, 78, 16-23.
  29. Shikhov, A.N. (2013). Kompleksnyi monitoring i otsenka geoeologicheskikh posledstviy opasnykh gidrometeorologicheskikh yavleniy na territorii Uralskogo Prikamya [A comprehensive monitoring and evaluation of geoeological consequences of hazardous weather phenomena in the Ural Prikamye]. Kazan, 20.
  30. Ishchuk, O.O. Metodolohichni osoblyvosti vykorystannya analitychnykh ta modelyuyuchykh zasobiv GIS dlya prohnozuvannya i otsinky naslidkiv nadzvychaynykh sytuatsiy na terytorii Ukrainy [Methodological features of using of analytical and modeling GIS tools for forecasting and assessment of emergencies consequences on the territory of Ukraine]. Available at: [http://www.ulrmc.org.ua/publication/hazardous/ModelingGISinAssessmentofHazardousSituations\\_ukr.pdf](http://www.ulrmc.org.ua/publication/hazardous/ModelingGISinAssessmentofHazardousSituations_ukr.pdf).
  31. Kontsepciya postroeniya i razvitiya apparatno-programmnogo kompleksa «Bezopasnyj gorod» [The concept of construction and development of hardware and software complex named as "Safe city"]. Available at: <http://government.ru/docs/16082>.
  32. Sayt kompanii «Kompyuterni informatsiyni tekhnologii» [Site of "Computer Information Technology"]. Available at: <http://www.kitsoft.kiev.ua/product/uias-ns>.
  33. Sulyatytskyi, P.R., Nohachevskiy, O.M., Hrytsyuk, Yu.I. Geoinformatsiyni systemy na sluzhbu pratsivnykam Ministerstva nadzvychaynykh sytuatsiy Ukrainy [Geographic information systems at the service of the Ministry of Emergencies of Ukraine]. Available at: <http://ubgd.lviv.ua/moodle/pluginfile.php/14209>.
  34. Filkov, A.I., Gladkey, D.A. (2014). Geoinformatsionnyi programmnyi kompleks prognoza pozharov na torfyani-kakh [Geoinformation program complex forecasting of fires in peatlands]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 6. Available at: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/1115.pdf>.
  35. Ukraine Emergency Situations Available at: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=723c5bb61714679ada0d36de9bb3dd5>.

Надійшла до редколегії 11.08.2016 р.