

В. А. Іванишин//Мінеральні ресурси України. Київ, 2000. № 2. С. 34–38.

11. *Лебідь В. П.* Обґрунтування пошуку нового типу вуглеводневих пасток//В. П. Лебідь//Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2007. № 4. С. 184–188.

12. *Чебаненко И. И.* Нефтегазоперспективные объекты Украины. Нефтегазоперспективность фундамента осадочных бассейнов//И. И. Чебаненко, В. А. Краюшкин, В. П. Клочко и др. К.: Наукова думка, 2002. 295 с.

13. *Лебідь В. П.* Модель розвідки Качанівського й Рибальського родовищ//В. П. Лебідь//Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2012. № 4. С. 40–49.

14. *Лебідь В. П.* Перспективний комплекс глибинних вуглеводневих пасток на Чернігівщині//В. П. Лебідь, В. А. Іванишин//Зб. наук. праць Міжнар. конф. “Новітні досягнення геодезії та геоінформатики”. Чернігів, 2012. С. 213–219.

15. *Лебідь В. П.* До проблеми нафтогазоносності виступів фундаменту Дніпровсько-Донецького розсуду//Мінеральні ресурси України. 2007. № 4. С. 35–39.

16. *Левянт В. Б.* Выделение в фундаменте зон трещиноватых пород методами сейсморазведки 3D//В. Б. Левянт, В. А. Шустер//Геология нефти и газа. 2002. № 2.

REFERENCES

1. *Lebid V.* What prevents the discovery of significant oil and gas basins in the Eastern Ukraine//*Geolog Ukrayiny*. 2011. № 1. P. 60–66. (In Ukrainian).

2. *Gladun V. V., Zejkan O. Yu., Krupskyy B. L., Lebid V. P.* in. The slopes of the performances of the Foundation – perspective objects in search of hydrocarbons in Chernihiv region//*Naftova i gazova promyslovist*. 2010. № 1. P. 81–86. (In Ukrainian).

3. *Lebid V. P.* Slopes bordering the basement – a promising object of finding hydrocarbons in Romenskiy-Okhtyrsk area//*Geolog Ukrayiny*. 2010. № 3. P. 49–56. (In Ukrainian).

4. *Arsirij Ju. A., Kabyshev B. P., Lebid V. P.* i dr. Mathematical modeling of new industrial hydrocarbon accumulations in the Dnieper-Donets Basin//*Doklady AN USSR*. 1981. № 8. P. 3–5. (In Russian).

5. *Lebid V. P., Lukin O. Yu., Makogon V. V.* in. Secondary structure features of reservoirs and finding oil and gas traps in the crystalline basement structures on yuliyivskoho type//*Zbirnyk nauko-*

vykh prats UkrDGRI. 2007. № 2. P. 279–287. (In Ukrainian).

6. *Lebid V. P., Rakovska O. L.* About the anticipated profitability of hydrocarbons in South Khar'kov mega tank//*Geolog Ukrayiny*. 2013. № 3. P. 79–86. (In Ukrainian).

7. *Kabyshev B. P., Kabyshev Ju. B.* Sedimentary fluid dynamic concept naftidogenesis//*Tezy Mizhn. nauk.-prak. konf. Chernigiv*. 2001. P. 12–15. (In Russian).

8. Petroleum potential. Geology and petroleum potential of the Dnieper-Donets Basin. K.: *Naukova dumka*, 1989. 204 p. (In Russian).

9. *Lukin A. E.* Prospects searching non-anticlinal oil and gas deposits in the Dnieper-Donets Basin//*Sov. geologija*. 1976. № 8. P. 14–25. (In Russian).

10. *Lebid V. P., Ivanysyn V. A.* Prediction of small-amplitude rises and vaults paleopidnyat simulation modeling methods in terms of DDB//*Mineralni resursy Ukrayiny. Kiev*, 2000. № 2. P. 34–38. (In Ukrainian).

11. *Lebid V. P.* Justification search for a new type of hydrocarbon traps//*Zbirnyk naukovykh prats UkrDGRI*. 2007. № 4. P. 184–188. (In Ukrainian).

12. *Chebanenko I. I., Kraju-shkin V. A., Klochko V. P.* i dr. Oil and gas perspective objects Ukraine. Naftogaz promising foundation sedimentary basins. K.: *Naukova dumka*, 2002. 295 p. (In Russian).

13. *Lebid V. P.* Model Kachaniv's'kyi additional exploration and Ry'bal's'kogo fields//*Zbirnyk naukovykh prats UkrDGRI*. 2012. № 4. P. 40–49. (In Ukrainian).

14. *Lebid V. P., Ivanysyn V. A.* A promising set of deep hydrocarbon traps in Chernihiv//*Zb. nauk. prats Mizhnar. konf. "Novitni dosyagnennya geodeziyi ta geoinformatyky"*. Chernigiv, 2012. P. 213–219. (In Ukrainian).

15. *Lebid V. P.* On the problem of oil and gas the basement Dnieper-Donets sliding//*Mineralni resursy Ukrayiny*. 2007. № 4. P. 35–39. (In Ukrainian).

16. *Levjant V. B., Shuster V. A.* Allocation in fundamental areas treschnovatosty breeds methods seysmorazvedky 3D//*Geologija nefi i gaza*. 2002. № 2. (In Russian).

УДК 624.131.1+ 528

Г. І. РУДЬКО, д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, професор, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин,

Ю. В. ЗАХАРЧУК, аспірантка КНУ імені Тараса Шевченка,

В. Ю. ПЕТРИШИН, головний геолог відділу Державної комісії України по запасах корисних копалин, geology1982@ukr.net

ВИВЧЕННЯ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАСОБАМИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І МЕТОДАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (НА ПРИКЛАДІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

У праці показано можливості аналізу даних цифрового рельєфу засобами ГІС для виявлення й аналізу умов і чинників формування зсувних процесів і, як результат, побудови аналітичних карт. А також висвітлено можливості космічної зйомки для виявлення зсувних процесів.

The paper presents an analysis possibilities of digital terrain data by GIS-technologies, which in turn makes it possible to analyze the conditions and dangerous factors of exogenous processes, such as landslides and building analytic maps. Also highlighted features satellite imagery to detect landslides.

Постановка проблеми (актуальність досліджень).

На сьогодні особливо актуальною постає потреба розробки методик вивчення розвитку екзогенних геологічних процесів (ЕГП) дистанційними методами, зокрема за допомогою космічної зйомки та обробки отриманих даних засобами ГІС-аналізу. Цього потребують як фінансові реалії сьогодення, так і технічний стан, і фізичні можливості заgonу з вивчення ЕГП, громіздкість сформованої режимної мережі з вивчення зсувів, селей і карсту та часто її малоінформативність, високі витрати на обслуговування цієї мережі, а також приголомшливий розвиток сучасних технологій для вирішення різногалузевих завдань. Подібним чином надані пропозиції фахівців ДП “Західукргеологія” щодо необхідності переходу на якісно новий етап регіонального стаціонарного вивчення ЕГП, а саме:

1. Широке використання дистанційних методів дослідження території (дешифрування різномасштабних аерофотознімків різних років стосовно масштабу 1:200 000 для регіонального рівня обстежень і стосовно масштабу 1:50 000 для локального рівня обстежень).

2. Польова звірка даних дешифрування з винесенням

Рукопис отримано 2.04.2014.

© Г. І. Рудько, 2014

на карту всіх проявів ЕГП (зсуви, карст, селі, ерозія як площинна, так і лінійна, деградація ґрунтів, переформування русел річок тощо). Продовжити поповнення кадастру вищезгаданих явищ.

3. Під час опрацювання результатів досліджень акцентувати увагу на кількісній обробці матеріалів за допомогою ЕОМ.

Розвиток небезпечних геологічних процесів вивчається за допомогою аналізу їх умов і чинників, які вводяться в імітаційні моделі, що за відповідної обробки забезпечують прийняття управлінських рішень з раціонального використання геологічного середовища. Так в останні роки фахівці ДП “Західургеологія” створили, уточнили й поповнили базу даних фактографічної і картографічної інформації по окремих видах ЕГП, виконане районування території досліджень за розвитком підтоплення, зсувних і карстових процесів, виконане районування території за можливістю виникнення надзвичайних ситуацій (НС), унаслідок активізації ЕГП, впроваджене ГІС геологічного забезпечення Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС) по території Закарпатської, Тернопільської, Івано-Франківської, Чернівецької областей. У результаті виконаних робіт був побудований комплект карт масштабу 1:200000 на цю територію за можливістю виникнення НС, зумовлених зсувами і карстовими процесами, карти районування за умовами розвитку зсувів і підтоплення. Складені кадастри зсувів і карсту. Проте аналіз матеріалів попередніх і сучасних досліджень свідчить про недостатню вивченість території Тернопільської області щодо поширення, умов і чинників формування зсувних процесів порівняно з

іншими областями західного регіону України, зокрема Івано-Франківської і Чернівецької областей, і порівняно з іншими генетичними типами екзогенних процесів, зокрема карстових. Кадастр зсувів на територію області неповний, а локалізація всіх зсувних процесів не відображена на карті. Таким чином, назріла необхідність і можливість вивчення умов і чинників формування зсувних процесів і районування території за ступенем зсувопроектнебезпечності засобами ГІС-аналізу й методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Для дослідження були використані космознімки з апарата Landsat 7 ETM+ і програмний продукт їх дешифрування й обробки Erdas Imagine 2011. Уся база картографічної і табличної інформації оброблялася і зберігалася в середовищі MapInfo Professional 6.0 та успішно була трансльована в середовище ArcGis 10.1 для подальшого картографічного і статистичного аналізу з використанням модулів Spatial Analysis, Statistical Analysis, 3D Analysis.

Вклад основного матеріалу. В останні роки дані цифрового рельєфу (ЦР, DEM – *Digital Elevation Model*) стають відкритішими. Їх використання пов'язане з сучасними комп'ютерними технологіями створення ГІС і дає абсолютно унікальний інструмент для аналізу самих різних природних явищ. У лютому 2000 року за 11 днів NASA була проведена радарна топографічна зйомка (*Shuttle adar topographic mission* – загальноприйняте скорочення SRTM) більшої частини території земної кулі, за винятком самих північних (> 60) і південних широт (> 54), а також океанів. Обсяг зібраної інформації становив більше 12 терабайт даних, а їх обробка продовжується до цього часу. Частина цієї інформації знаходиться у вільному доступі.

Сьогодні найпопулярніші дані SRTM 4: вихідні дані поширюються квадратами розміром 1×1, при максимально доступному розрізненні 3 кутові секунди (~ 90 м). Дані є простим 16-бітним растром (без заголовка), значення пікселя відповідає висоті над рівнем моря в обраній точці, а значення -32768 відповідає відсутності даних (“no data”). Дані на територію північніше 60-тої широти були підготовлені у 2009 р. Можна перерахувати такі основні напрями використання цифрового рельєфу в наукових і практичних цілях: візуалізація рельєфу і створення 3D моделей; побудова гідромережі; аналіз територій, що піддаються затопленню в період паводка; побудова карт тіньового рельєфу для аналізу розривної тектоніки; аналіз територій, сприятливих для пошуку розсіпних родовищ золота [5].

На рис. 1 з первинних файлів DEM, перетворених в систему координат UTM (*Universal Transverse Mercator*), зібрана територія Тернопільської області. ArcGIS 10.1 надає різні можливості для створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР) за допомогою модулів ArcView, ArcScene. В ArcView можна створювати тільки плоскі моделі й моделі тіньового рельєфу. ArcScene – спеціалізований 3D-переглядач, який є частиною ArcGIS 3D Analyst, дає можливість ефективно управляти 3D-даними ГІС, проводити аналіз, редагувати 3D-об'єкти, створювати шари з 3D-властивостями, а також 3D-об'єкти за існуючими двовимірними даними. ArcGIS підтримує векторні і растрові дані. Векторні можуть бути драпировані по підстилаючій поверхні рельєфу. На рис. 2 показано приклад накладання знімків мозаїки Landsat 7 ETM+ і 3D-поверхні. Оперуючи ознакою z-фактор (*vertical exagge ratio*) для шару DEM, можна робити рельєф більш чи менш контрастним.

У цій праці показано спроби з'ясувати можливості ГІС-технологій для виявлен-

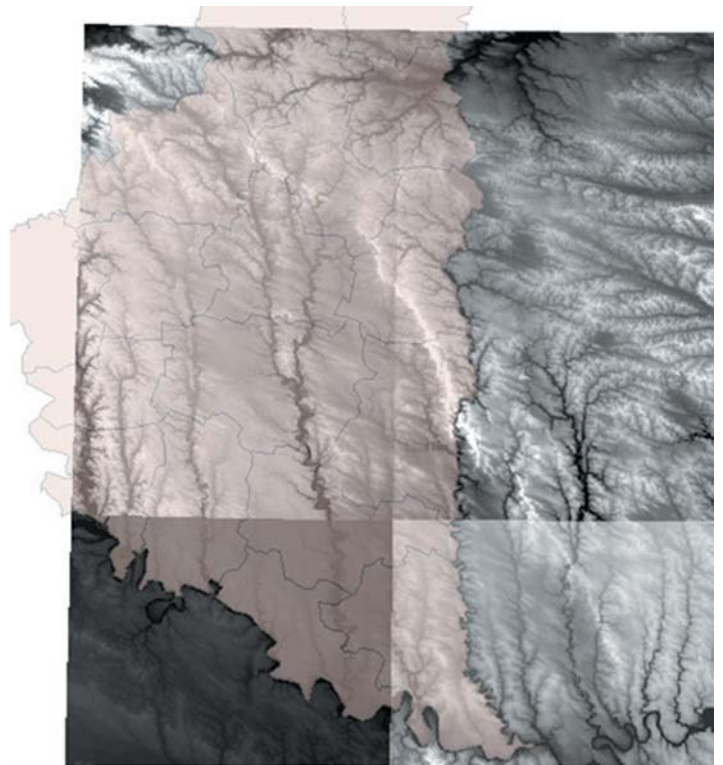


Рис. 1. Дані SRTM – цифровий рельєф території Тернопільської області

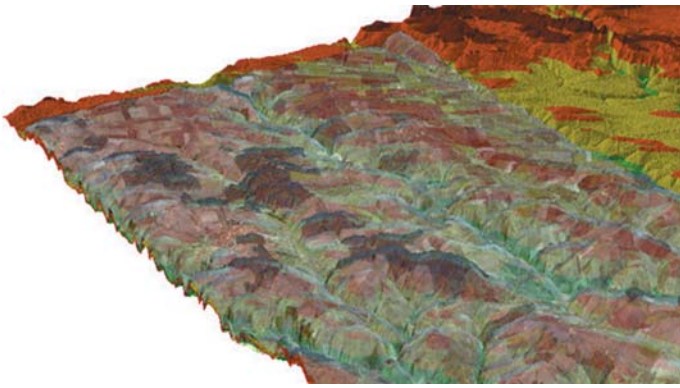


Рис. 2. Накладання знімка мозаїки Landsat 7 ETM+ (прозорість 40 %) на 3D-поверхню

ня процесозсувонебезпечних територій, за допомогою аналізу й математичних операцій даних цифрового рельєфу й візуалізації та оверлейного аналізу інших чинників, що сприяють розвитку та активізації зсувів.

Головними чинниками, які сприяють розвитку й активізації зсувів, є:

- геоморфологічні: крутість схилів, висота схилів або вертикальна розчленованість поверхні, горизонтальна розчленованість рельєфу (щільність ерозійних форм рельєфу на одиницю площі), експозиція схилів;

- геологічні: особливості залягання й поширення літолого-стратиграфічних комплексів і генетичних типів відкладів (їх потужність, виходи на денну поверхню);

- тектонічні й сейсмічні: наявність і відстань від тектонічних розломів до схилів, загальний бал сейсмічності території;

- гідрогеологічні: глибина залягання рівня ґрунтових вод, виходи підземних вод на схилах (джерела розвантаження підземних вод), наявність і глибина залягання місцевих водотривів;

- ландшафтні: тип рослинного покриву (ліси, пасовища, луги, сільськогосподарські угіддя) на схилах, його наявність чи відсутність;

- техногенні: наявність житлової чи промислової забудови, шляхів сполучення, відстань до них, підрізання

схилів тощо;

- наявність інших екзогенних геологічних процесів: карстових, ерозійних.

Аналіз геоморфологічного чинника було реалізовано за допомогою програми ArcGIS 10.1 у декілька етапів. На базі даних цифрового рельєфу (SRTM) (абсолютних відміток поверхні) при використанні певних модулів і функцій були створені похідні цифрові карти:

- крутість схилів (рис. 3) за допомогою модуля Spatial Analyst Tools – Surface – Slope;

- експозиції схилів (рис. 4) за допомогою модуля Spatial

Analyst Tools – Surface – Aspect;

- висоти базисної поверхні за допомогою модуля Spatial Analyst Tools – Surface – Hydrology;

- вертикальної розчленованості рельєфу (висоти схилів) за допомогою модуля Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator (рис. 6).

Побудова поверхні місцевого базису ерозії проводилася в декілька етапів.

I. Виділення дренажної мережі і розбивка її на порядки в ArcMap 10.1, Spatial Analysis Tools – Hydrology:

1. Заповнення безстічних порожнин DEM (Fill).

2. Розрахунок напрямку стоку. На вхід подається карта, отримана на етапі 1 (Flow Direction).

3. Розрахунок дренажної мережі з розбивкою на порядки. На вхід подається растр напрямків стоку, отриманий на кроці 2 (Stream Order).

4. Перетворення дренажної мережі у векторний формат. На вхід подається дре-

нажна мережа і растр напрямків стоку (Stream to Feature).

5. Об'єднання розрізних частин потоків в одну лінію з метою зменшення розміру файлу (рис. 5) (Data Management Tools – Generalization – Dissolve).

II. Побудова поверхні місцевого базису ерозії (Spatial Analysis Tools – Interpolation):

6. Перетворення об'єднаного векторного шару дренажної мережі, отриманої в пункті 5 у точкові об'єкти (Data Management Tools – Features – Feature to Point).

7. Пропищення значень висот DEM у точки (Spatial Analysis Tools – Extraction – Extract Value to Point).

8. Перетворення шару точкових об'єктів, отриманого в пунктах 7, у растрову поверхню, що власне й буде поверхнею місцевого базису ерозії (Spatial Analysis Tools – Interpolation). Для проведення інтерполяції програма пропонує такі методи: сплайн (Spline), крігінг (Kriging), найближчого сусідства (Natural Neighbor), зважених

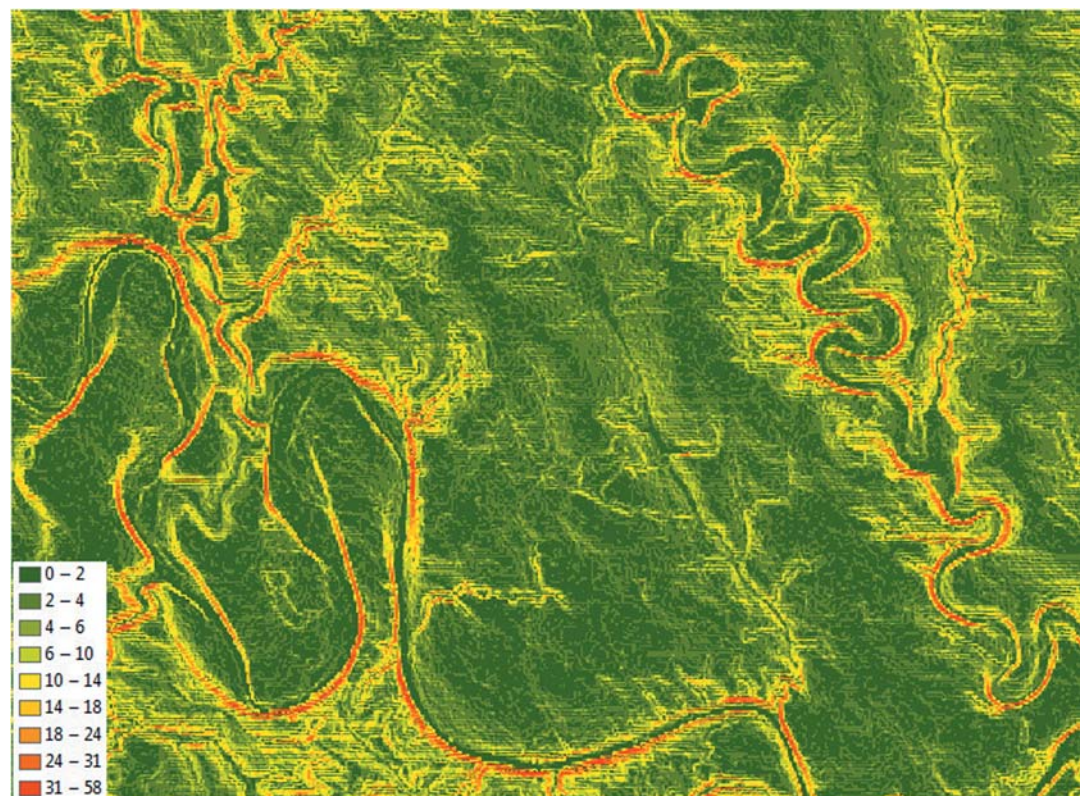


Рис. 3. Карта крутості схилів

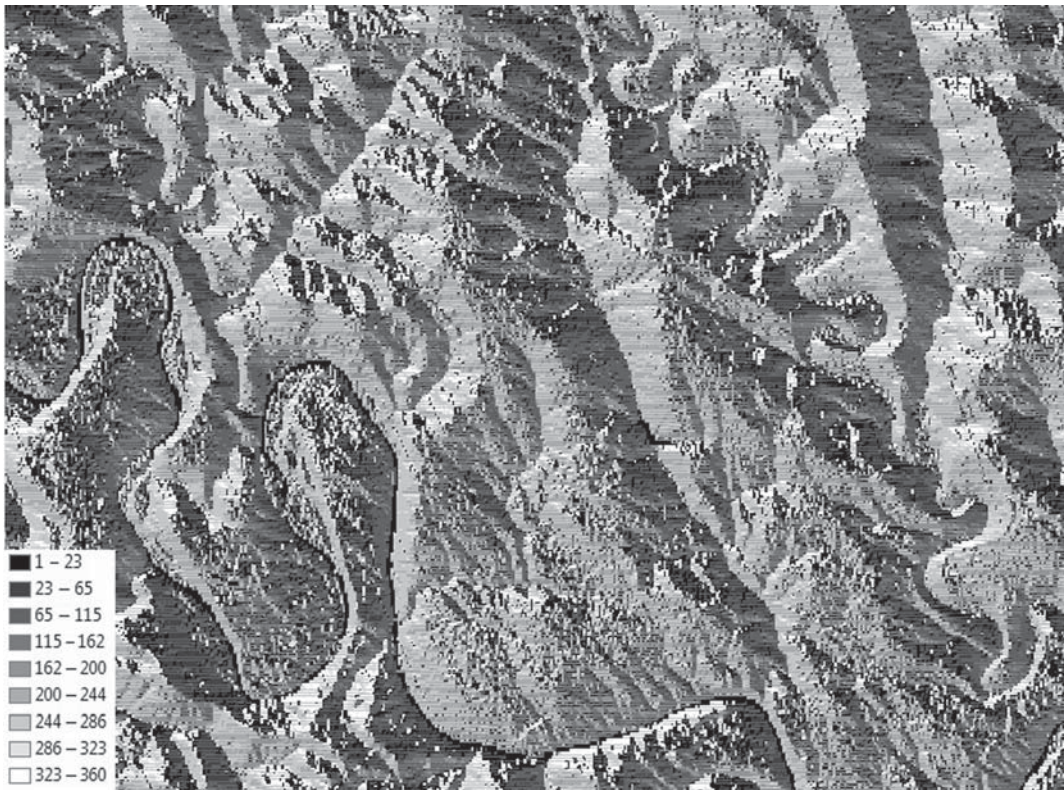


Рис. 4. Карта експозиції схилів

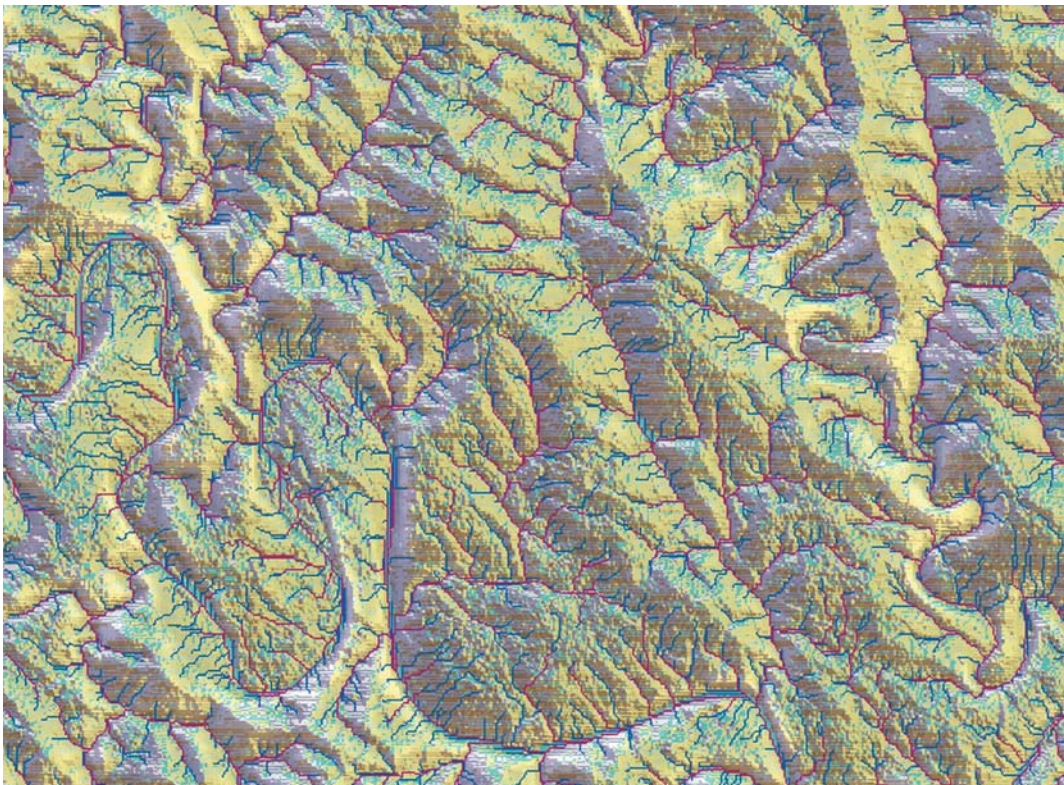


Рис. 5. Дренажна сітка, розділена на сім порядків (підключено 3, 4, 5, 6, 7 порядки)

відстаней (IDW). Не зупиняючись детально на кожному з методів, способом порівняльного аналізу поверхонь усіма запропонованими методами вибір було зроблено на користь методу Kriging.

III. Побудова карти вертикальної розчленованості рельєфу (висоти схилів): Spatial Analysis Tools – Map Algebra – Raster Calculator (рис. 6). Побудову карти вертикальної розчленованості рельєфу було

реалізовано за допомогою тематичної операції віднімання поверхні місцевого базису ерозії від поверхні рельєфу (абсолютних відміток).

Для виявлення потенційно зсувонебезпечних схилів

з погляду природних, а зокрема геоморфологічних, характеристик було здійснено перекласифікацію карти крутості схилів і карти вертикальної розчленованості рельєфу на бали за принципом: схилам з найбільшим значенням крутості і території з найвищою вертикальною розчленованістю при-суювалися найвищі бали. У подальшому способом математичної операції “підсумовування” карти крутості схилів і карти вертикальної розчленованості було отримано карту потенційно зсувонебезпечних ділянок, на яку для кращої візуалізації накладено карту експозиції схилів (рис. 7а, 8), де червоними точками показано зсувні процеси. Локалізація зсувів переносилася з картографічних матеріалів до звіту про вивчення сучасних ЕГП на території західних областей УРСР за 1980–1982 рр., масштабу 1:200 000 (відповідальний виконавець Д. М. Радецький). Достовірність деяких із них була підтверджена польовими дослідженнями на території Борщівського району Тернопільської області фахівцями Інституту інженерно-технічних розвідань “Гал-ІНТР” та Інститут прикладної географії в межах “Обласної програми моніторингу зсувних процесів на 2007–2010 рр.”; згідно з якою до 2010 року повинні були складені карти зсувної небезпеки на територію області [6]. Так само під час польових досліджень були виявлені нові ділянки активізації зсувних процесів. Для повноцінного аналізу потенційно зсувонебезпечних ділянок на цю карту було винесено векторні шари певних літолого-стратиграфічних комплексів, а так само границі поширення водотривів, зокрема міоценових глин тиранської світи і мергелів верхнього силуру; лінії розломів та інші тектонічні порушення; джерела виходу

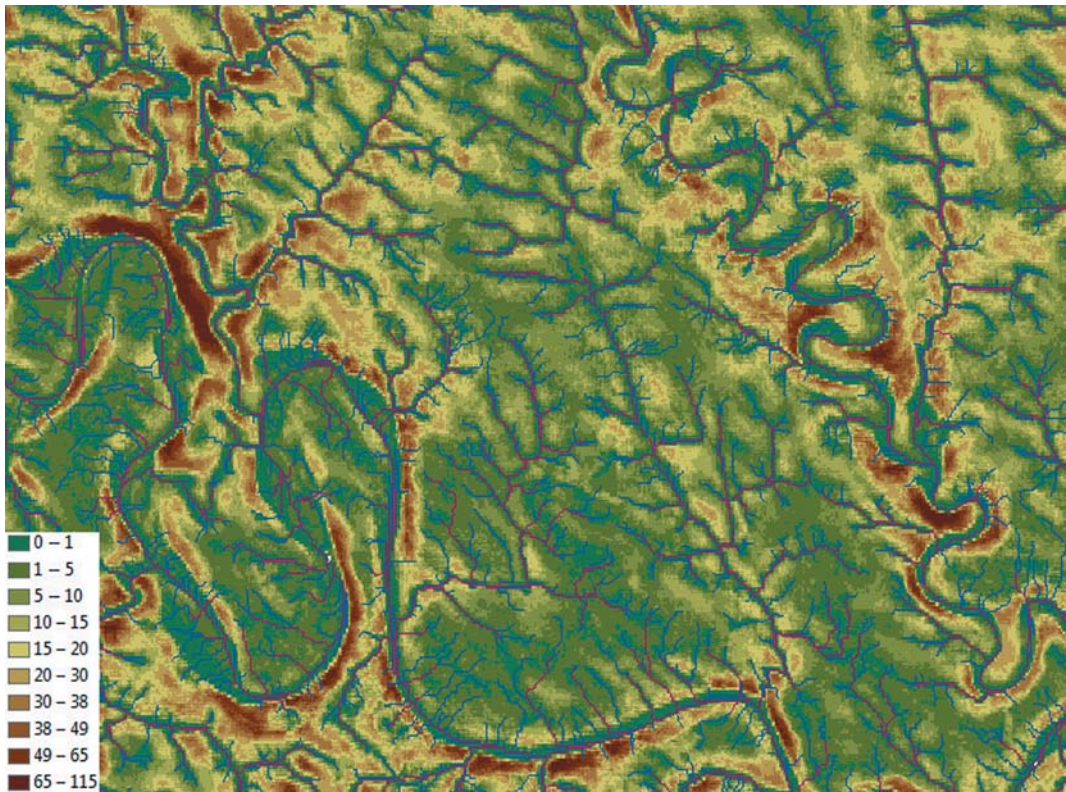


Рис. 6. Карта вертикальної розчленованості рельєфу

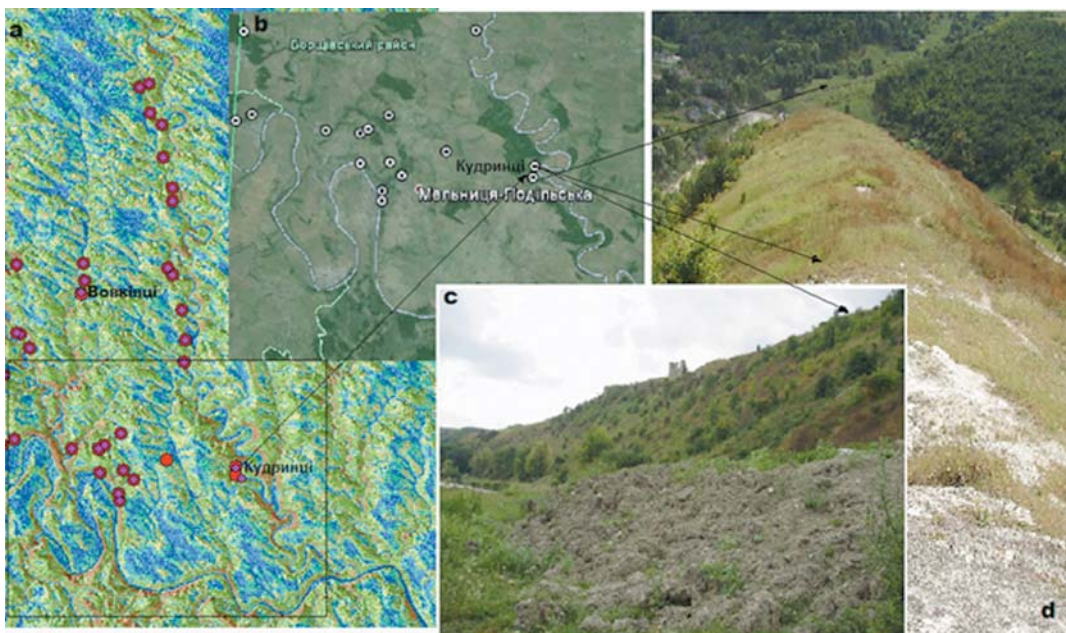


Рис. 7. Карта стійкості схилів, масштаб 1:400 000

підземних вод; шляхи сполучення та об'єкти житлової і промислової забудови. Чималу роль у стійкості схилів відіграє ландшафтний чинник.

Сучасні ГІС високого класу, в яких присутні модулі для аналізу зображень, дають чудову можливість аналізу рослинного покриву поверхні і його зіставлення з іншими

об'єктами на поверхні. Показовим у цьому відношенні є система ERDAS IMAGINE, призначена безпосередньо для аналізу даних дистанційного зондування Землі, поданих у растрових форматах. Система здатна виконувати такі функції як візуалізація та імпорту даних, геометрична корекція, покращення зображень, ГІС-аналіз, дешиф-

рування образів, створення карт, тривимірна графіка, віртуальні просторові образи й багато іншого. Відомо, що характерною ознакою рослинності та її стану є спектральна відбивна здатність, що характеризується великими відмінностями у відображенні випромінювання різних довжин хвиль. Знання про зв'язок структури і стану

рослинності з її відбивною здатністю дає змогу використовувати космічні знімки для ідентифікації типів рослинності та їх стану. Зокрема для оцінки стану рослин широко використовуються вегетаційні індекси. У праці [7] зазначено як технічна, так і описова сторона застосування нормалізованого диференціального вегетаційного індексу (NDVI) для класифікації знімка середньої роздільної здатності з апарата Landsat 7 ETM+ на класи за величиною вегетаційних показників рослинності. Проте для вирішення цілей імовірності виникнення та активізації зсувних процесів нас більше цікавило питання наявності рослинного покриву та його виду. Для цього достатньо застосувати процедуру некерованої класифікації (*Raster – Unsupervised – Unsupervised classification*), що й було реалізовано на базі можливостей програмного продукту ERDAS IMAGINE 2011. З огляду на пору року для класифікації було обрано космічний знімок отриманий у листопаді. У результаті класифікації знімок було розбито на дев'ять класів (рис. 9) і накладено на карту потенційно зсувонебезпечних ділянок, отриманої на базі операцій із цифровими даними рельєфу (рис. 10). Цікаво відзначити, що в осінній сезон рослинність зберігається саме на схилах річкових долин. Спостерігаються часті випадки, що саме на ділянках відсутності рослинного покриву на схилах відбувається активізація зсувного процесу за наявності так званого trigger-фактора, тобто причини, що грає роль спускового механізму (здебільшого це надмірна кількість атмосферних опадів). Можливості накладання і локалізація всіх вищезазначених векторних шарів у подальшому дає можливість застосувати аналітично-інформаційну систему про-

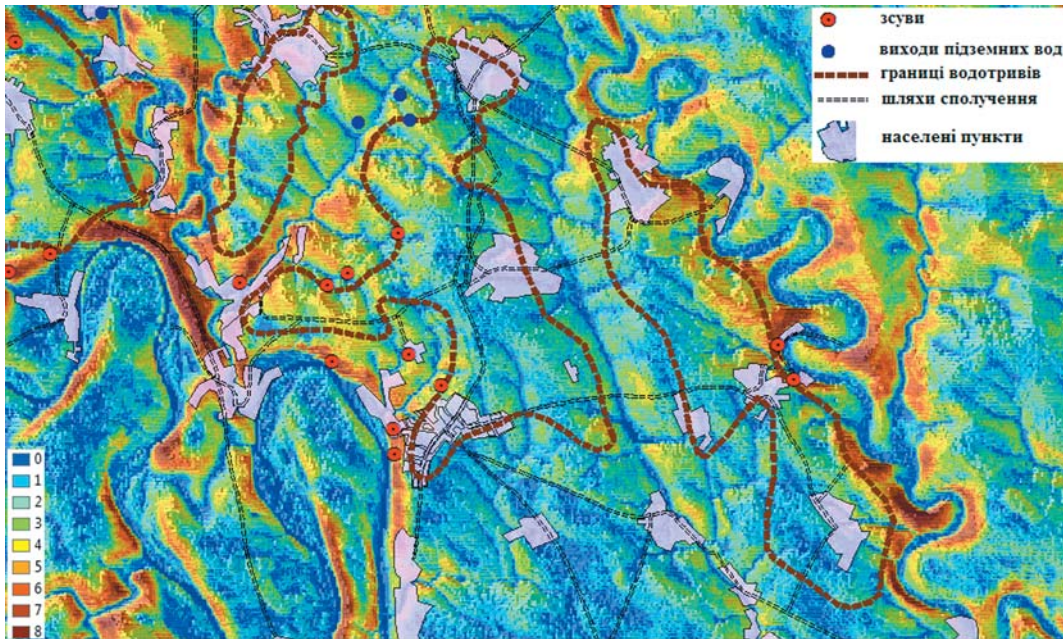


Рис. 8. Збільшений фрагмент карти потенційно зсувонебезпечних схилів (масштаб 1:125 000) на територію Борщівського району Тернопільської області

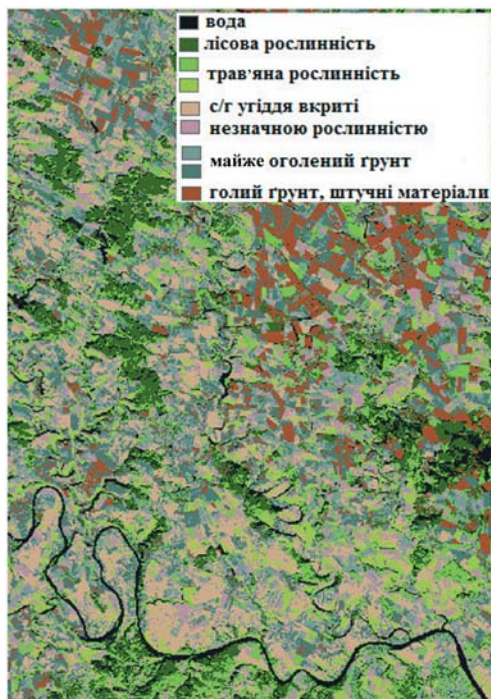


Рис. 9. Результати процедури некерованої класифікації космознімка з апарата Landsat 7

гнозування розвитку зсувних процесів, основу на використанні визначеної закономірності ймовірності розвитку зсувних процесів при комплексній взаємодії природно-техногенних чинників, яку розробили автори, зокрема Е. Д. Кузьменко, Є. І. Крижанівський, О. М. Карпенко та інші, досить детально описану в статті [4]. Про можливо-

сті космічної зйомки різного типу для виявлення зсувів та інших небезпечних процесів на схилах, карстових провалів, просядок тощо хочеться навести результати досліджень Державного науково-виробничого центру "Природа", що проводив дослідження на території Тернопільської області. Найявний у ДНВЦ "Природа" архів космічних

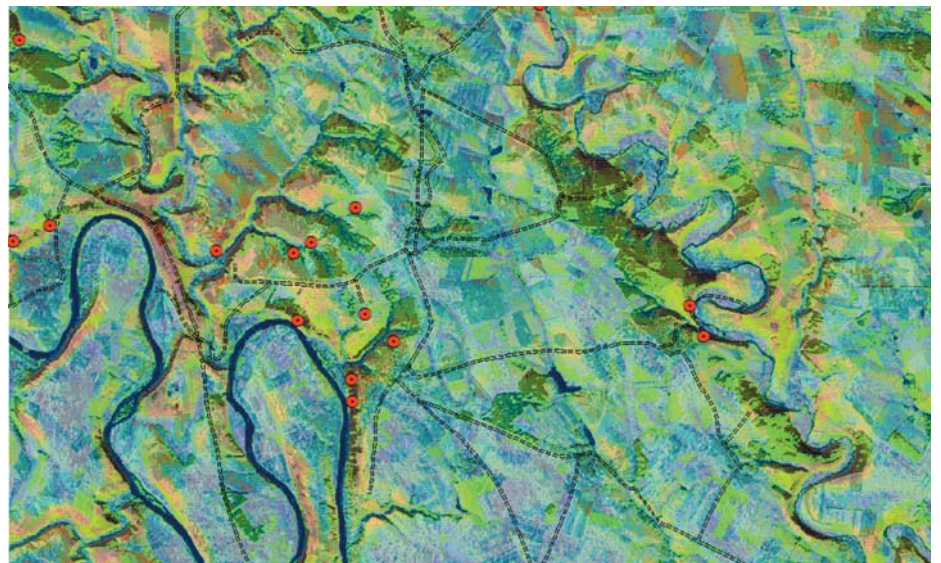


Рис. 10. Розкласифікований космознімок накладений на карту потенційно зсувонебезпечних ділянок (прозорість 40 %)

знімків дає можливість досліджувати екзогенні процеси в динаміці, використовуючи матеріали 1984–1986 рр. (здебільшого космічні знімки з апарата "Ресурс"), 1996–1999 рр. (знімки із супутників "Spot-3", "Landsat-4,5", "ERS"), 1999–2003 рр. ("Landsat-7") і 2004–2007 рр. (знімки з апаратів "IRS", "QuickBird"). Космічні знімки дали змогу обстежити морфологію, рослинний покрив, особливості побудови і навіть відшарування гірських порід, а також безпосередньо віддешифру-

вати п'ять зсувонебезпечних ділянок.

У результаті були побудовані декілька карт і поверхонь, які дають змогу розподілити територію міста за ступенем небезпеки виникнення зсувів і прогнозувати положення окремих зсувонебезпечних ділянок [8]. Результати досліджень можливостей космознімків високої роздільної здатності (QuickBird, IKONOS) з метою виявлення зсувів показують, що найкраще виділяються зсуви великих розмірів, з добре вираженими морфометричними елементами – стінками відриву у вигляді цирків чи амфітеатрів, тілом цирку чи декількома тілами, що утворюють зсувні тераси на схилах. Тобто якнайкра-

ще на знімках розпізнаються зсуви-блоки (детрузивні зсуви), а також зсуви-глетчери. Зсуви-потоки дешифруються на знімках залежно від розміру і наявності рослинності, ґрунтового покриву та інших маскуючих чинників. Неактивний зсув-потік невеликих розмірів в умовах поширення деревної рослинності чи на забудованій території виявити за даними дешифрування інколи дуже складно. Надійними ознаками є: виходи підземних вод на схилах чи біля підніжжя, відслонення водо-

тривких шарів, морфологічні особливості схилів (улоговини у верхній частині схилу, горбиста поверхня), помітні зміни рослинності. Ділянки розвантаження підземних вод дуже добре виділяються на знімках в інфрачервоному діапазоні [3, 6]. Проте з огляду на розвиток новітніх технологій, а зокрема інформаційно-пошукових систем і геопорталів, можливий такий метод перевірки наявності зсуву на схилах за запропонованою картою. На сьогодні існує низка програмних продуктів, здатних визначити зв'язок картографічної геопросторової інформації з просторовими даними, що являють собою космознімки високого роз-



Рис. 11. Вигляд зсувного схилу на космічному знімку Spot, джерело: сервер Google Earth, с. Возківці, Борщівський район

різнення популярного сервера Google Earth. Так ділянки, які з погляду геоморфології відображені на карті як потенційно зсувонебезпечні, були відзначені точковими об'єктами з обов'язковою просторовою прив'язкою. За допомогою вже вище зазначеної системи ERDAS IMAGINE 2011 було реалізовано накладання шару точкових об'єктів відповідно до їх координатних даних на космознімки сервера Google Earth (рис. 7b, 11). Таким чином, з'явилася можливість виявлення зсувного процесу на схилах за допомогою космічних знімків високої роздільної здатності, зокрема з апарата Spot.

Висновки

На сьогодні можливості ГІС-аналізу й методів дистанційного зондування Землі дають потужний комплекс різноманітних модулів для вирішення різногалузевих задач. Програмний модуль для роботи з растровими поверхнями ArcGIS Spatial Analyst дає можливість аналізувати характеристики поверхні, а також інтерполювати просторово розподілені дані для візуалізації та аналізу процесів. Побудова поверхні вертикальної розчленованості рельєфу і поверхні крутості

схилів дала можливість оцінити потенційно зсуво-небезпечні території з погляду геоморфології, а можливості накладання векторних шарів дали змогу оцінити вплив як техногенного чинника, так і літолого-стратиграфічних умов. Програмний пакет ERDAS IMAGINE, розроблений спеціально для обробки та аналізу даних дистанційного зондування, надає можливість оцінки і впливу ландшафтних умов на формування зсувних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козак П. Звіт про інженерно-геологічне довивчення території Чернівецької, Івано-Франківської, Тернопільської та частково Закарпатської областей з метою геологічного обґрунтування протизсувних заходів і геологічного забезпечення УІАС НС за 2001–2006 рр. Звіт ЛГРЕ ДП “Західукргеологія”. Львів, 2006. 223 с.

2. Гаврилюк Я. Звіт про результати регіонального і стаціонарного вивчення сучасних екзогенних геологічних процесів на території Тернопільської, Чернівецької та Івано-Франківської областей за 2001–2006 рр. Звіт ЛГРЕ ДП “Західукргеологія”. Львів, 2006. 126 с.

3. Аристов М. В. Применение данных космических съемок в инженерной геологии и геодинамике: старые методы неприменимы в новой реальности//Геопрофиль. 2010. № 2 (11). 56 с.

4. Кузьменко Е. Д. Прогноз розвитку зсувних процесів як фактор забезпечення надійної експлуатації трубопроводів/Е. Д. Кузьменко, Є. І. Крижанівський, О. М. Карпенко, О. М. Журавель//Розвідка та розробка нафт. і газ. родовищ. 2005. № 4 (17). С. 24–35.

5. Костин А. В. Цифровая модель рельефа (Методы создания и направления использования)//Наука и техника в Якутии. 2011. № 1 (20).

6. Степчук В. М. Выявление и картографирование оползней в Тернопольской области/В. М. Степчук, М. В. Аристов, Р. А. Спица//Геопрофиль. 2009. № 3 (6). 56 с.

7. Захарчук Ю. В. Застосування методів дистанційного зондування Землі для оцінки динаміки розвитку карстових процесів/Ю. В. Захарчук, І. В. Тишаєв//Інформатика: теоретичні та прикладні аспекти. XI Міжнародна конференція, 14–17 травня 2012. Тези доповіді. К., 2012. Диск (CD-ROM).

8. Використання космічних знімків для прогнозування зсуво- та карстонебезпечних ділянок у містах Тернопільської області.

REFERENCES

1. Kozak P. Report on engineering-geological additional appraisal in Chernivtsi, Ivano-Frankivsk, Ternopil and partially Transcarpathian region for the purpose of geological study on landslide control and geological software “UIAS NS” during 2001–2006 years. Zvit LHRE DP “Zakhidukrheolohiia”. Lviv, 2006. 223 p. (In Ukrainian).

2. Havryliuk Ya. Report on the

results of a regional and stationary study of modern exogenous geological processes within Ternopil, Chernivtsi and Ivano-Frankivsk regions for 2001–2006 years. Zvit LHRE DP “Zakhidukrheolohiia”. Lviv, 2006. 126 p. (In Ukrainian).

3. Aristov M. V. Use of space-based surveys in engineering geology and geodynamics: old methods are not applicable in the new reality//Heoprofil. № 2 (11). 2010. 56 p. (In Russian).

4. Kuzmenko E. D., Kryzhanivskiy Ye. I., Karpenko O. M., Zhuravel O. M. Development forecast for landslides as an ensuring factor for reliable pipelines operation//Rozvidka ta rozrobka naft. i haz. rodovysch. 2005. № 4 (17). P. 24–35. (In Ukrainian).

5. Kostin A. V. Digital relief model (Methods of creation and ways of use)//Наука і техніка в Якутії. 2011. № 1 (20). (In Russian).

6. Stepchuk V. M., Aristov M. V., Spitsa R. A. Identification and mapping of landslides within the Ternopil region//Heoprofil. 2009. № 3 (6). 56 p. (In Russian).

7. Zakharchuk Yu. V., Tishayev I. V. Application of Earth remote sensing to assess the dynamics of karst processes [electronic resource]//Heoinformatyka: teoretichni ta prykladni aspekty. XI Mizhnarodna konferentsiia, 14–17 travnia 2012. Tezy dopovidi. K., 2012. Dysk (CD-ROM). (In Ukrainian).

8. The use of satellite images in order to forecast dangerous for landslide and karst areas in the cities of Ternopil region. (In Ukrainian).

Рукопис отримано 13.03.2014.