

УДК 528.952

Н. З. ГРИЦЬКІВ¹, В. О. ГОРЛАТОВА²

¹ Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, тел. +38(032)2582616, ел. пошта n.hrytskiv@tudor-info.com

² Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ГІРНИЧО-ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ МЕТОДАМИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Мета. Актуальною є проблема застосування тематичного картографування на територіях з техногенними загрозами, до одної з яких належить Домбровський кар'єр у місті Калуші Івано-Франківської області. Будь-який шлях усунення цих загроз потребує чітких розрахунків обсягу робіт, прогнозування змін, які можуть відбутися на місцевості з впровадженням того чи іншого способу запобігання техногенній катастрофі. Такі розрахунки і прогнози повинні опиратися на актуальні дані про територію, змодельовати яку можна сучасними засобами ГІС-технологій. Тому метою цієї роботи є створення цифрової моделі місцевості (ЦММ) території Домбровського кар'єру як основи для моделювання та дослідження динамічних процесів. **Методика.** Для створення ЦММ застосовано методику актуалізації архівних картографічних матеріалів із застосуванням даних космічного знімання, а для моделювання динамічних процесів – модулі пакета ArcGIS. **Результати.** Побудовано цифрову модель місцевості Домбровського кар'єру та досліджено динаміку змін обсягу розсолів у кар'єрі. **Наукова новизна.** Запропонована технологія дала змогу інтегрувати архівні картографічні матеріали, описові дані, дані сучасних космічних знімків у єдине програмне середовище і на їх основі вперше створити актуальну ЦММ Домбровського кар'єру. **Практична значущість.** Статистичні дані динаміки затоплення кар'єру доповнені графічною основою у вигляді цифрової моделі місцевості. Аналіз побудованої цифрової моделі місцевості підтвердив можливість забруднення підземних вод навколишньої території розсолами з кар'єру. Отриману цифрову модель місцевості можна використати для моделювання інженерних завдань, пов'язаних з іншими техногенними загрозами та загального моніторингу гірничо-промислового об'єкта.

Ключові слова: Домбровський кар'єр; тематичне картографування; оновлення карт; космічне знімання; цифрова модель місцевості; ГІС-технології; ArcGIS.

Вступ

Техногенез зумовлений інженерно-будівельною, гідротехнічною, гірничо-видобувною та іншими видами діяльності людини. З усіх видів техногенезу гірничотехнічні роботи мають найбільший вплив на зміну геологічного середовища, оскільки вони заторкують не тільки поверхню, але й глибинні горизонти земної кори [Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С., 1995].

З кінця 80-х років ХХ ст., у гонитві за плановими показниками видобутку калійних солей, нехтуючи науковими дослідженнями та відхиляючись від проектних рішень, екологічний стан у ділянці Домбровського кар'єру почав погіршуватися, а саме: не проводилась боротьба з карстом у дренажній траншеї, не ліквідувався гідравлічний зв'язок дренажної

траншеї з руслом річки Сівки, не проводилось внутрішнє відвалоутворення [Головчак В. Ф., 2010; Долін В. В., Яковлев Є. О., Кузьменко Е. Д., Бараненко Б. Т., 2010; Кузьменко Е., Багрій С., 2010]. Це спричинило численні провали земної поверхні над площею шахтних полів у Калуші, руйнування будинків і комунікацій, засолення водоносних горизонтів. У 2003–2005 роках екологічна ситуація в районі кар'єра ще більше ускладнилася під час руйнування внутрішньокар'єрного поля і з'єднання його з дренажною траншеєю, що призвело до інтенсифікації розвитку карсту, майже удвічі збільшилася площа водозбору атмосферних опадів за рахунок внутрішньокар'єрної смуги, прилеглої до внутрішнього борту кільцевої дренажної траншеї. Крім того, з припиненням відкачування дренажних вод у зовнішні водойми весь приплив води з гравійно-галькового водонос-

ного горизонту потрапляє в кар'єр. На зображеннях (рис. 1) [http://www.bing.com/maps/, http://www.earth.google.com/], отриманих з космосу, видно суттєву різницю у рівні води в кар'єрі. Карстопровальні явища (рис. 2) набули значної інтенсивності і розповсюджуються від борта кар'єру на північ, до того ж під загрозою знищення є дачний масив. Крім того, існує загроза прориву р. Сівки в кар'єр. Науковці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Я. М. Семчук та О. Р. Манюк впродовж багатьох років досліджували процеси формування розсолів за рахунок солевідвалів кар'єру [Манюк О. Р., 2009; Семчук Я. М. Савчук Л. Я., 2010]. Підраховано, що під час розчинення солевідвалів Домбровського кар'єру атмосферними опадами, утворюється близько 200 тис. м³/рік розсолів, причому близько 50 тис. м³ потрапляє у поверхневі та підземні води, утворюючи ареали засолення [Семчук Я. М., Савчук Л. Я., 2010]. У результаті проведеного моніторингу в 2012 році науковці Державного науково-дослідного інституту "Галургії" поставили крапку на ідеї про Домбровський кар'єр як рекреаційної зони [Пілянська О., 2013]. І ще раз підтвердили кілька тез: по-перше, про необхідність детального вивчення стану Домбровського кар'єру. По-друге, довели, що проект "Гірхімпрому" щодо консервації

кар'єру, який передбачає його затоплення, є повністю хибним. Домбровський кар'єр і без того швидко затоплюється, а розсоли забруднюють усе більшу територію. Активізація переміщення засолених вод водоносним горизонтом відбулася після затоплення кільцевої дренажної траншеї. Зважаючи на велику кількість токсичних та канцерогенних речовин у відвалах та у кар'єрі, можна стверджувати, що вони поширюються у напрямку Калуша, річок Лімниці та Дністра [http://eco-ua.org/index.php?item=&sub=2602 &d_id=, 2008; http://zik.ua/ua/news/2012/07/02/356343, 2012; Малик Ю. О., Демків О. М. 2013, Пілянська О., 2014].

Мета

Будь-який шлях усунення зазначених загроз потребує чітких розрахунків обсягу робіт, прогнозування змін, які можуть відбутися на місцевості з впровадженням того чи іншого способу запобігання техногенній катастрофі. Такі розрахунки і прогнози повинні опиратися на актуальні дані про територію, змодельовати яку можна сучасними засобами ГІС-технологій. Тому метою цієї роботи є створення цифрової моделі місцевості (ЦММ) території Домбровського кар'єру, як основи для моделювання та дослідження динамічних процесів.



Рис. 1. Домбровський кар'єр на космічних знімках: а – 2006 р.; б – 2012 р.

Fig. 1. Dombrowski quarry on satellite images: a – 2006; b – 2012



Рис. 2. Карстові порожнини
Fig. 2. Karst cavities

Методика

Упродовж функціонування Домбровського кар'єру проводили картографічні роботи, вели спостереження після закриття кар'єру, сьогодні в наявності є актуальні дані космічних знімків. Використовуючи ці джерела, можна виконати моделювання динамічних процесів на території кар'єру. Основою для такого моделювання є цифрова модель місцевості, яка передає всі особливості висотної та ситуаційної складових території Домбровського кар'єру.

Загальна технологічна схема проведення досліджень містила п'ять послідовних етапів (рис. 3).

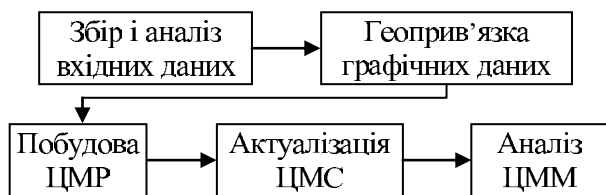


Рис. 3. Загальна технологічна схема досліджень
Fig. 3. General technological scheme of study

Під час виконання першого етапу – збір і аналіз вхідних даних – зібрано основні графічні і описові дані, які стосуються Домбровського кар'єру, а саме:

1) топографічні плани в масштабі 1:1000, створені на основі топографічного знімання 1968 року, останнє оновлення проведено в 1990–1991 роках;

2) топографічний план у масштабі 1:2000, створений на основі фактичного положення

гірничих виробок у центральній частині кар'єру станом на 1.11.2006 р.;

3) космічні знімки території кар'єру;

4) описові дані про динаміку затоплення Домбровського кар'єра.

Топографічні плани охоплюють територію кар'єру та околиць і містять інформацію про рельєф, гідрографію, рослинність та ситуацію на місцевості (будівлі, споруди, дороги, лінії електропередач та інше). Рельєф, крім горизонталей, передано у вигляді густої нерегулярної мережі висотних пікетів та умовних позначень уступів. Оскільки топографічний план у масштабі 1:2000 створено у час припинення гірничих робіт, то інформацію про рельєф кар'єру можна вважати актуальною.

Візуальний аналіз космічних зображень (див. рис. 1) дає загальну картину змін, які відбулись на кар'єрі та прилеглих територіях у період з 2006 по 2012 роки. Чітко помітно зміни рівня води в кар'єрі.

Надані Державним науково-дослідним інститутом “Галургії” дані динаміки затоплення Домбровського кар'єра містять інформацію про рівень, площу поверхні та об'єм розсолів у південній та північній чашах кар'єру у період з 2001 року по листопад 2013 року (див. табл. 1).

Усі наступні етапи робіт виконано в геоінформаційній системі ArcGIS – багатомодульному програмному продукті, який працює з геоданими у графічних (растр-вектор) та текстових (описові бази даних) форматах. Використовуючи відповідні модулі програми, реалізовано такі завдання: у модулі ArcToolbox

створено нові шейп-файли; модуль Georeferencing використано для просторової прив'язки картографічних даних та космічних зображень; за допомогою модуля Editor векторизовано рельєф та ситуацію; TIN-модель побудовано у модулі 3D Analyst; для перегляду і роботи з 3D-моделлю використано модулі ArcScan, ArcScene.

Результатом виконання другого етапу досліджень – геоприв'язка графічних даних – є прив'язані до системи СК-42 топографічні плани [Горлатова В. О., Грицьків Н. З., 2013] та космічне зображення.

Космічний знімок на територію Домбровського кар'єра отримано з веб-геосервера Virtual Earth. Космічне знімання виконано у 2012 році із супутника Ikonos з роздільною здатністю 1 м. Беручи до уваги просторову розрізнявальну здатність знімальної системи ΔX_c та допустиму точність картографування 0,2 мм, обчислимо теоретичну придатність космічного зображення для картографування території [Дорожинський О. Почкін С., 2009]: $M = \Delta X_c / 0.2 = 5000$. Отже, космічне зображення задовольнятиме точність, яка відповідає масштабу 1:5000. Після прив'язки космічного зображення виконано оцінку точності прив'язки за контурами. Беручи як істинні координати контурів об'єктів на топографічних планах, їх порівняно з відповідними координатами цих контурів на космічному знімку. Середні квадратичні помилки становили 0,6 м, що задовольняє масштаб тематичної карти 1:6000.

Цифрову модель рельєфу побудовано за картометричними даними. Для цього використано нерегулярну TIN-модель, створену за даними оцифрування горизонталей та висотних пікетів [Горлатова В. О., Грицьків Н. З., 2013]. Фрагмент зображення TIN-моделі показано на рис. 4.

Інформація про ситуаційне розташування об'єктів на прилеглий до кар'єру території на топографічних планах є застарілою, оскільки останнє оновлення планів проведено в 1990–1991 роках. Оскільки на територію кар'єру створюємо тематичну карту, то для актуалізації цих даних можна використати космічне зображення, точність прив'язки якого відповідає масштабу 1:6000. Відмінність добре помітно, якщо використати можливості візуалізації растрових зображень планів і знімка. Зробивши растри топографічних планів напівпрозорими, можна побачити зміни, які відбулись – змінилась кіль-

кість будинків та розташування деяких з них, у деяких місцях змінилась зовнішня межа кар'єру, що вплинуло на розташування об'їзних доріг навколо кар'єру (рис. 5). Ситуація ж на самому кар'єрі не зазнала суттєвих змін, окрім заповнення чаші кар'єру розсолами. За зображенням космічного знімку на карті оновлено відповідні графічні об'єкти – дороги, будинки, рослинність тощо.



Рис. 4. Фрагмент TIN-моделі
Fig. 4. Fragment of TIN-model



Рис. 5. Зміни на місцевості внаслідок руйнування зовнішньої межі кар'єру
Fig. 5. Changes on the terrain because of the destruction of the outer boundary of quarry

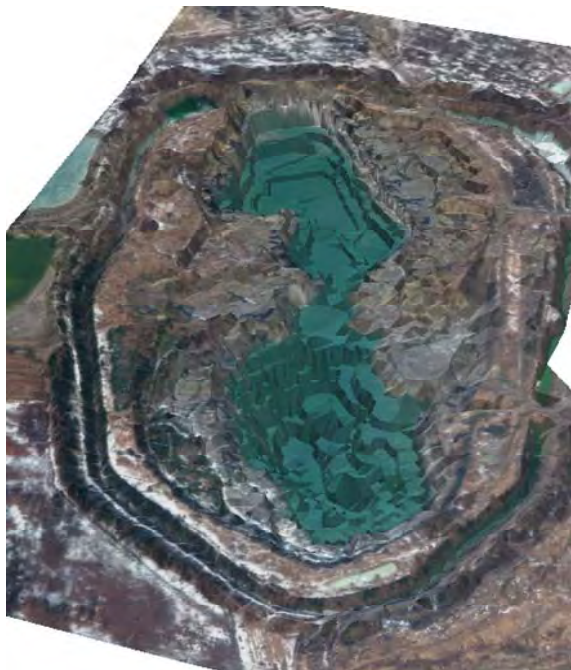


Рис. 6. 3D-модель кар'єру
Fig. 6. 3D-model of quarry

Кінцевим етапом досліджень є аналіз створеної цифрової моделі місцевості. Використовуючи засоби програми ArcGIS, виконано такі операції: побудова 3D-зображення кар'єру; отримання статистичних даних про наповнення кар'єру розсолами; побудова перерізів кар'єру.

3D-зображення побудовано за допомогою модуля ArcScene. До TIN-моделі додано космічне зображення, в результаті чого отримано зображення кар'єру в аксонометричній проекції (рис. 6). Таке подання можна використати у тематичному картографуванні для загального ознайомлення з виглядом кар'єру, нанесення схем та інших позначень, наприклад, проблемних зон тощо.

Для отримання статистичних даних про наповнення кар'єру розсолами використано модуль 3D Analyst, користуючись яким змодельовано затоплення кар'єру (рис. 7). За абсолютними висотами позначок рівня розсолів у період 2001–2013 років (табл. 1) обчислено площі і об'єми розсолів на створеній моделі. Результати порівняння картометричних даних, отриманих Державним науково-дослідним інститутом “Галургії”, з обчисленими за створеною цифровою моделлю наведені в табл. 1. Як бачимо, отримані результати за ЦМР відрізняються від вхідних картометричних даних, причому цифровий метод дав більші обсяги розсолів. Кінцева різниця становить 394 тис. м³ – для порівняння, цей обсяг

відповідає кількості води в кар'єрі глибиною приблизно 0,3 метри на позначці висоти рівня води в кінці 2013 року. Можна припустити, що різниця виникла через такі причини: недостатня точність польових обстежень; використання різних алгоритмів обчислень – вхідні картометричні дані по площах і об'ємах отримані за допомогою планіметра та з використанням методу горизонтальних січень, а дані аналізу ЦМР отримані методом Сімпсона. Беручи до уваги отримані результати проведення додаткових досліджень із застосуванням інших методів отримання просторових координат (наприклад, ехолокація із застосуванням сонара) для уточнення наявних об'ємів розсолів.

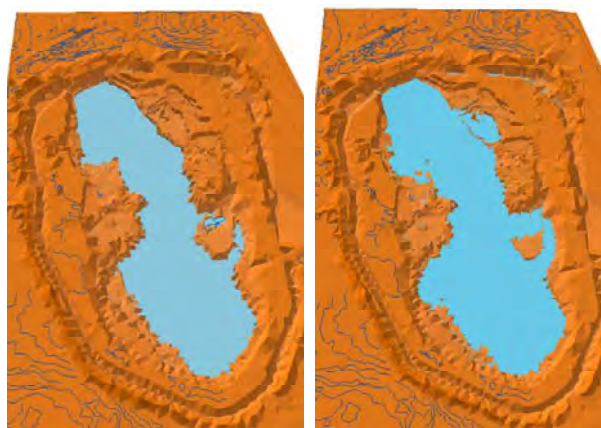


Рис. 7. Модель затоплення території Домбровського кар'єра:
а – станом на 2012 рік; б – станом на 2013 рік
Fig. 7. Model of flooding of Dombrovskiy quarry territory: a – state of 2012; b – state of 2013

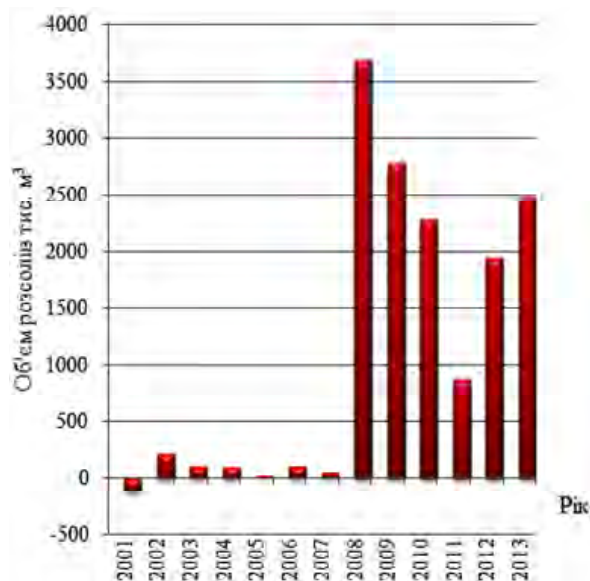


Рис. 8. Діаграма річного накопичення розсолів
Fig. 8. Diagram of annual accumulation of brines

Таблиця 1

**Порівняння картометричних даних динаміки затоплення кар'єру
з обчисленими за створеною цифровою моделлю**

Comparison of cartometric data of quarry flooding dynamics with calculated on a digital model

Рік	Абсолютна позначка висоти, м		Площа за картометричними даними, га		Обчислена площа за ЦМР, га		Об'єм за картометричними даними, тис. м ³		Обчислений об'єм за ЦМР, тис. м ³		Різниця площ, га		Різниця об'ємів тис. м ³	
	Пд	Пн	Пд	Пн	Пд	Пн	Пд	Пн	Пд	Пн	Пд	Пн	Пд	Пн
2000	251,5	0	14,0	0	23,6	0	5161	0	5887	0	-9,6	0	-726	0
2001	250,9	0	14,0	0	23,1	0	5113	0	5768	0	-9,1	0	-655	0
2002	252,1	0	12,4	0	24,3	0	4982	0	5978	0	-11,9	0	-996	0
2003	252,6	0	12,4	0	24,9	0	5413	0	6077	0	-12,5	0	-664	0
2004	253,1	240,1	17,3	7,0	25,4	6,7	5468	147	6172	197	-8,1	0,3	-704	-50
2005	253,2	240,0	17,3	8,0	25,5	6,9	5472	122	6196	194	-8,2	1,1	-724	-72
2006	253,7	241,8	17,3	10,0	25,9	9,9	5549	259	6291	337	-8,6	0,2	-742	-78
2007	253,9	244,8	17,3	11,0	26,2	14,9	5607	593	6340	719	-8,9	-3,9	-733	-126
2008	257,7		40,0		52,8		8691		10029		-12,8		-1338	
2009	263,6		48,0		61,0		11197		12813		-13,0		-1616	
2010	267,8		–		70,3		13200		15089		-		-1889	
2011	269,3		54,0		73,4		14000		15968		-19,4		-1968	
2012	272,4		–		77,4		–		17912		–		–	
2013	276,0		63,0		86,2		20000		20394		-23,2		-394	

За даними обчислень ЦМР побудовано діаграму річного нагромадження розсолів у період 2001–2013 років (рис. 8). Як видно з діаграми нагромадження розсолів у кар'єрі до 2008 року було незначним. Оскільки на виробництві до 2007 року проводили відкачування води з кільцевої дренажної траншеї, що значно вповільнювало затоплення кар'єру. Різке підвищення рівня розсолів у 2008 році спричинено повинню яка була влітку на західній Україні. Сприятливі погодні умови зменшили притік підземних вод у чашу кар'єру у період з 2008–2011 року. Зростання об'єму розсолів у період 2012–2013 років можна пояснити тим, що наприкінці червня 2013 р. у північній частині Домбровського кар'єру виявлено відкритий карстовий канал (див. рис. 2), із якого витікає скаламучений низькомінералізований потік, який візуально збільшився приблизно удвічі, порівняно із тим, коли його тільки виявили.

Створена ЦМР кар'єру дає змогу оперативно отримати вертикальні перерізи у будь-якому місці кар'єру. Як зразок, такі перерізи побудовано через північну і південну частини кар'є-

ру. На рис. 9 показано лінії профілів, а відповідні їм вертикальні перерізи – на рис. 10.

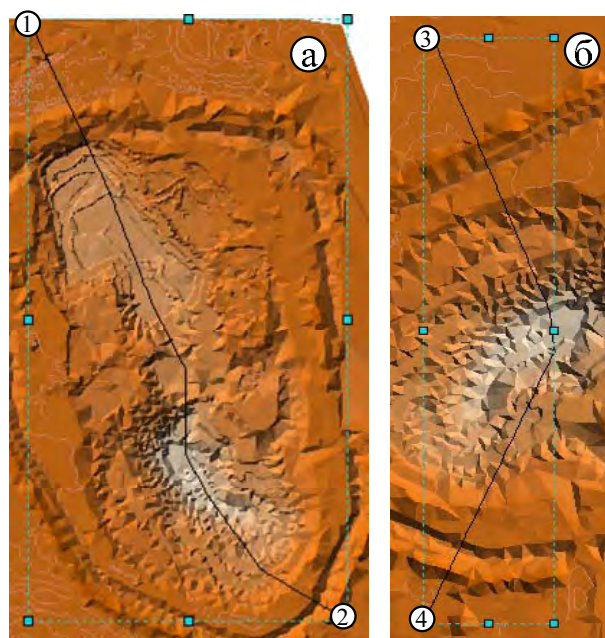


Рис. 9. Лінії профілів:

a – через північну і південну частини кар'єру;

б – через південну частину кар'єру

Fig. 9. Profile lines:

a – through north and south parts of the quarry;

b – through the south part of quarry

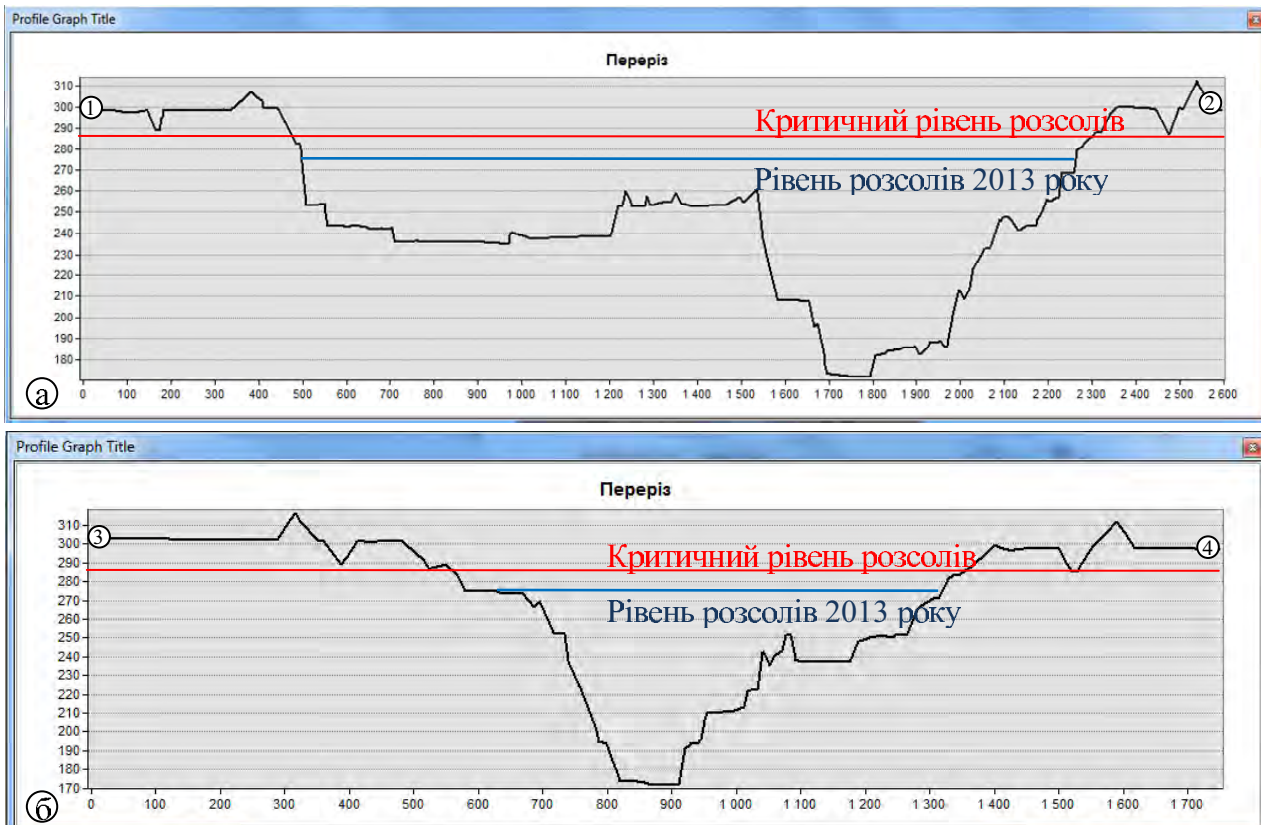


Рис. 10. Вертикальні перерізи: а – через північну і південну частини кар’єру; б – через південну частину кар’єру
 Fig. 10. Vertical cross-sections: a – through north and south parts of the quarry; b – through the south part of quarry

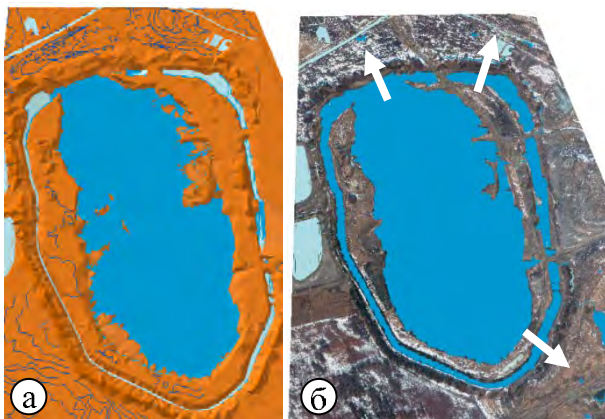


Рис. 11. Моделі затоплення кар’єра:
 а – до критичної позначки 284 м;
 б – до позначки 294 м
 Fig. 11. Models of quarry flooding:
 а – till critical mark 284 m;
 б – till mark 294 m

Як знаємо з геології, підземні води рухаються по гравійно-галькових відкладах. Глибина залягання цього шару на територію кар’єру 10–18 м. Це означає, що підземні води рухаються в середньому на позначці 284 м. Змо-

делюємо ситуацію якщо рівень розсолів підніметься до критичної позначки 284 м (рис. 11, а). Дотепер ґрунтові води наповнювали дренажну траншею, а відтак потрапляли в кар’єр. Як помітно з рис. 10 і рис. 11, а ситуація буде протилежною. Розсоли з кар’єра потраплять до дренажної траншеї і відповідно до водоносної системи підземних вод.

На західній Україні часто проходять проливні дощі, що провокують повені. Якщо змодельювати повінь, яка відбулася 2008 року, коли рівень розсолів за місяць досяг річної норми, то беручи до уваги сучасний рівень розсолів у кар’єрі та перепад висот на місцевості, можна побачити напрямки поширення розсолів (рис. 11, б). Як помітно з рис. 10 та 11, б захисний вал стримуватиме витік розсолів з кар’єру, але розсоли потраплять у ґрунтові води, що призведе до екологічного лиха – забруднення прісних вод навколишніх територій, розташованих на сході від кар’єру, тобто міста Калуща та територій уздовж річок Сівка, Лімниця, Дністер.

Результати

Побудовано цифрову модель місцевості Домбровського кар'єру та досліджено динаміку змін обсягу розсолів у кар'єрі.

Наукова новизна і практична значущість

Запропонована технологія дала змогу інтегрувати архівні картографічні матеріали, описові дані, дані сучасних космічних знімків у єдине програмне середовище і на їх основі вперше створити актуальну ЦММ Домбровського кар'єру. Статистичні дані динаміки затоплення кар'єру доповнені графічною основою у вигляді цифрової моделі місцевості. Аналіз побудованої цифрової моделі місцевості підтвердив можливість забруднення підземних вод навколишньої території розсолами з кар'єру. Отриману цифрову модель місцевості можна використати для моделювання інженерних завдань, пов'язаних з іншими техногенними загрозами та загального моніторингу гірничо-промислового об'єкта.

Висновки

1. Геоінформаційна система ArcGIS має всі необхідні інструменти для тематичного картографування, що дало змогу створити цифрову тематичну карту чаші Домбровського кар'єра та прилеглих територій.

2. Створена ЦММ є підставою для моделювання затоплення кар'єра, отримання числових значення обсягів розсолів та виконання аналізу динаміки затоплення.

3. Результати аналізу показали необхідність проведення додаткових досліджень з визначення обсягів розсолів у чаші кар'єра.

4. Моделювання критичних ситуацій затоплення кар'єра підтвердило можливість виникнення техногенної загрози забруднення поверхневих вод, спричиненої зовнішніми факторами.

5. Отриману ЦММ Домбровського кар'єра можна використати для вирішення інших інженерних завдань, зокрема для обліку та визначення якості забруднених вод, геологічної будови шарів кар'єру, проектування захисних споруд, рекультивациі забруднених територій тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.

Головчак В. Ф. Стан гірничопромислових геоконплексівкалуш-голинського родовища калійних солей та заходи для їх екологічної оптимізації. // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2010. – № 2. – С. 4–13.

Горлатова В. О., Грицьків Н. З. Створення цифрової моделі рельєфу за архівними картографічними даними // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 78. – Львів: НУ “ЛП”, 2013. – С. 38–42.

Долін В. В., Яковлев Є. О., Кузьменко Е. Д., Бараненко Б. Т. Прогнозування екогідрогеохімічної ситуації при затопленні Домбровського кар'єру калійних руд // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2010. – № 1. – С. 74–87.

Домбровський кар'єр — бомба сповільненої дії [web-сайт] режим доступу: http://eco-ua.org/index.php?item=&sub=2602&d_id= (Публікація 2008).

Домбровський кар'єр – екологічне лихо Прикарпаття [web-сайт] режим доступу: <http://zik.ua/ua/news/2012/07/02/356343> (Публікація 2 липня 2012).

Дорожинський О., Почкін С. Про деякі вимоги кадастрових робіт до аерокосмічного знімання // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2009. – Вип. I (17). – С. 209–216.

Кузьменко Е., Багрій С. Геолого-геофізична характеристика калуш-голинського родовища калійної солі // “Геофізичні методи дослідження проблем довкілля”. – 2010. – № 1. – С. 147–152.

Малик Ю. О., Демків О. М. Моніторинг стану Домбровського кар'єру [Електронний ресурс] Lviv Polytechnic National University Institutional Repository <http://ena.lp.edu.ua> режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/21900/1/62-285288.pdf> (Публікація 2013).

Манюк О. Р. Науково-практичні засади захисту довкілля від забруднення високомінералізованими розсолами (на прикладі Калуш-Голинського родовища калійних солей): автореф. дис... канд. геол. наук: 21.06.01 / Манюк Оксана Романівна; Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2009. – 19 с.

Пілянська О. У Домбровському кар'єрі “зашкалює” від ртуті і гексахлорбензолу // “Вікна”. Інформаційно-рекламна газета Калушини. – 2013. – № 3 (547). – С. 2.

Пілянська О. Домбровський кар'єр активно “сповзає” [web-сайт] режим доступу: <http://vikna.if.ua/news/category/ecology/2014/02/17/16491/view> (Публікація 17 лютого 2014).

Семчук Я.М. Савчук Л.Я. Екологічні проблеми калуського гірничопромислового регіону та шляхи їх вирішення // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2010. – № 1. – С. 64–69.

<http://www.bing.com/maps/>

<http://www.earth.google.com/>

Н. З. ГРИЦКИВ¹, В. А. ГОРЛАТОВА²

¹ Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет "Львівська політехніка", ул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, тел. +38(032)2582616, ел. пошта n.hrytskiv@tudor-info.com

² Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет "Львівська політехніка", ул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ МЕТОДАМИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель. Актуальна проблема применения тематического картографирования территорий, несущей техногенные угрозы, к одной из которых относится Домбровский карьер в городе Калуше Ивано-Франковской области. Любой путь устранения этих угроз предусматривает четкие расчеты объемов работ, прогнозирование изменений, которые могут возникнуть на местности с внедрением того или иного способа предотвращения техногенной угрозы. Такие расчеты и прогнозы должны обосновываться актуальными данными о территории, смоделировать которую можно современными средствами ГИС-технологий. Поэтому целью данной работы является создание цифровой модели местности (ЦММ) территории Домбровского карьера, как основы для моделирования динамических процессов. **Методика.** Для создания ЦММ применен метод актуализации архивных картографических данных по данным космической съемки, а для моделирования динамических процессов – модули пакета ArcGIS. **Результаты.** Создана цифровая модель местности территории Домбровского карьера и исследована динамика изменений объемов рассолов в карьере. **Научная новизна.** Технологическая схема актуализации картографических данных позволяет оперативно и с достаточной точностью получить данные о динамических процессах на карьере посредством ГИС-технологий. **Практическая значимость.** Статистические данные затопления карьера дополнены графической информацией в виде цифровой модели местности. Анализ созданной цифровой модели местности подтвердил возможность загрязнения подземных вод окружающей территории карьера. Полученную цифровую модель местности можно использовать для моделирования инженерных задач при других техногенных угрозах и мониторинга горнопромышленного объекта.

Ключевые слова: Домбровский карьер; тематическое картографирование; обновление карт; космическая съемка; цифровая модель местности; ГИС-технологии; ArcGIS

N. Z. HRYTSKIV¹, V. A. HORLATOVA²

¹ Department of photogrammetry and geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, S. Bandera str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, tel. +38(032)2582616, e-mail n.hrytskiv@tudor-info.com

² Department of photogrammetry and geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, S. Bandera str., 12, Lviv, Ukraine, 79013

STUDY OF DYNAMIC PROCESSES OF MINING AND INDUSTRIAL OBJECTS USING METHODS OF GEOINFORMATIC MODELLING

Purpose. The problem of application of thematic mapping in areas with man-made threats to which Dombrowski quarry in Kalush of Ivano-Frankivsk region relates is actual. Any way to eliminate these threats requires precise calculations of the work volume, prediction of changes that may take place on the terrain after introduction of a method for preventing disasters. Such calculations and predictions should be based on actual data about the territory which can be modeled by modern means of GIS technologies. Therefore the aim of this paper is to create a digital terrain model (DTM) for the territory of Dombrowski quarry, as a basis for modeling and studying dynamic processes. **Methodology.** To create DTM it was applied the methodology of updating of archival cartographic materials using space image data, and for modeling dynamic processes – ArcGIS modules. **Results.** It was created the digital terrain model of Dombrowski quarry and the dynamics of changes in the volume of brine in this quarry was studied. **Originality.** Technological scheme of actualization of cartographical data allows operatively and with the required accuracy obtain data on the dynamic processes in quarry using GIS technologies. **Practical significance.** Statistical data of quarry flooding dynamics is supplemented with graphic basis in a form of digital terrain model.

Analysis of the created digital terrain model has confirmed the possibility groundwater pollution of surrounding area with quarry brines. The resulting digital terrain model can be used for modeling engineering tasks related with other man-made threats and overall monitoring of mining and industrial object.

Key words: Dombrovskiy quarry; thematic mapping; map updating; space image; digital terrain; GIS-technologies; ArcGIS.

REFERENCES

- Biliavskiy H. O., Padun M. M., Furdui R. S. *Osnovy zahalnoi ekolohii* [Basics of the overall ecology]. Kyiv, Lybid, 1995, 368 p.
- Holovchak V. F. Stan hirnychopromyslovykh heokompleksivkalush-holynskoho rodovyshcha kaliinykh solei ta zakhody dlia yikh ekolohichnoi optymizatsii [Condition of mining geo-complex Kalush-Holyn potash deposit and actions for its ecological optimization]. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya – Ecological Safety and sustainable resource use*, 2010, No 2, pp. 4–13.
- Horlatova V. O., Hrytskiv N. Z. Stvorennia tsyfrovoy modeli reliefu za arkhivnymy kartohrafichnymy danymy [Creation of digital elevation model using the archival cartographic data], *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia – Geodesy, cartography and aerial survey*, 2013, No 78, pp. 38–42.
- Dolin V. V., Yakovlev Ye. O., Kuzmenko E. D., Baranenko B.T. Prohnozuvannia ekohidroheokhimichnoi sytuatsii pry zatoplenni Dombrovskoho karieru kaliinykh rud [Prediction ecohydrogeochemical situation when flooding Dombrowski career of potash ores], *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya – Ecological Safety and sustainable resource use*, 2010, No 1, pp. 74–87.
- Dombrovskiy karier – bomba spovilnenoi dii (Dombrowski quarry – bomb of delayed-action) Available at: http://eco-ua.org/index.php?item=&sub=2602&d_id= (Accessed 2008).
- Dombrovskiy karier – ekolohichne lykho Prykarpattia (Dombrowski quarry – Carpathian ecological disaster) Available at: <http://zik.ua/ua/news/2012/07/02/356343> (Accessed 2 July 2012).
- Dorozhynskiy O. Pochkin S. Pro deiaki vymohy kadastryvykh robit do aerokosmichnogo znimannia [About some cadastral requirements to aerospace survey]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements of geodetic science and industry*, 2009, No I (17), pp. 209–216.
- Kuzmenko E., Bahrii S. Heoloho-heofizychna kharakterystyka kalush-holynskoho rodovyshcha kaliinoy soli [Geological and geophysical characteristics of the Kalush-Holyn deposits of potassium salts]. *Heofizychni metody doslidzhennia problem dovkillia – Geophysical methods of environmental problems researches*, 2010, No 1, pp. 147–152.
- Malyk Yu. O., Demkiv O. M. *Monitorynh stanu Dombrovskoho karieru (Monitoring of the Dombrowski quarry condition)* Lviv Polytechnic National University Institutional Repository <http://ena.lp.edu.ua> Available at: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/21900/1/62-285-288.pdf> (Accessed 2013).
- Maniuk O.R. *Naukovo-praktychni zasady zakhystu dovkillia vid zabrudnennia vysokomineralizovanykh rozsolamy (na prykladi Kalush-Holynskoho rodovyshcha kaliinykh solei). Avtoreferat Diss.* [Science and practical principles of environment protection from contamination with highly mineralized brines (on the example of Calush-Golyn deposit of potassium salts)]. Ivano-Frankivsk, 2009. – 19 p.
- Pilianska O. U Dombrovskomu karieri “zashkaliuie” vid rtuti i heksakhlorobenzolu [Dombrowski quarry “rolls over” from mercury and hexachlorobenzene], “Vikna”. *Informatsiino-reklamna hazeta Kalushchyny – “Windows”*. Information and advertising newspaper of Kalush region, 2013, No 3 (547), pp. 2.
- Pilianska O. Dombrovskiy karier aktyvno “spovzaie” (Dombrowski quarry actively “creeps”) Available at: <http://vikna.if.ua/news/category/ecology/2014/02/17/16491/view> (Accessed 17 February 2014)
- Semchuk Ya. M. Savchuk L. Ya. *Ekolohichni problemy kaluskoho hirnychopromyslovoho rehionu ta shliakhy yikh vyrishennia* [Environmental problems of Kalush mining region and ways of their solutions]. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya – Ecological Safety and sustainable resource use*, 2010, No 1, pp. 64–69.
- <http://www.bing.com/maps/>
<http://www.earth.google.com/>

Статтю рекомендували до друку д-р техн. наук, проф. О. Л. Дорожінський (Україна); д-р техн. наук, проф. Х. В. Буритинська (Україна)

Надійшла 19.11.2014 р.