



Приклади актуалізації тематичних карт для ГІС із застосуванням зображень, отриманих із супутників Landsat 4, Landsat 7 та SPOT

Пархісенко Я.В, Придатко В.І., Іщук О.А., Штепа Ю.М., Петроченко О.Ю., Кобець М.І.
Український центр менеджменту землі та ресурсів

Використання інформації дистанційного зондування для цілей екологічного менеджменту та прийняття рішень набуває в Україні зростаючого попиту. В даній роботі ми зосередили увагу на деяких питаннях застосування знімків високої роздільної здатності із супутників Landsat та SPOT. В остання роки УЦМЗР отримав досвід роботи з зображеннями Landsat для використання їх у аспектах оцінки стану навколишнього середовища. Завдяки допомозі уряду США до УЦМЗР було передано архів знімків Landsat 4 за 1988 р. на всю територію України - <http://www.ulrnc.org.ua/archive/Landsat/>. Використання цієї інформації здійснюється УЦМЗР в тісній співпраці із міністерствами і відомствами України.

У статті нами зібрано найбільш показові, на наш погляд, приклади практичного застосування як архіву УЦМЗР за 1988 рік, так і нових знімків Landsat 7 ETM+ за 1999 та 2000 роки, нещодавно придбаних УЦМЗР. Використання архівних та відносно нових знімків Landsat дає можливість зробити оцінку змін, що відбуваються в окремих районах України, зокрема Чорнобильській зоні відчуження або Азово-Чорноморському регіоні. Такі знімки з відносно високою роздільною здатністю можна отримати за первинно низькою ціною, що має певні переваги для постійного моніторингу (табл. 1).

Табл. 1 Джерела супутникової інформації та окремі характеристики зображень

Сенсор	Діапазони	Сумарна кількість спектральних діапазонів	Номинальна просторова розрізнявальна здатність	Ширина смуги (км)	Ціна за одне зображення (\$ US)
Landsat TM	MS/TRM	7	30 м MS/120 TRM	185	200-400
Landsat ETM+	Pan/MS/TRM	9	15 м Pan / 30 м MS/60TRM	185	600
IRS	Pan/MS	4-6	6 м Pan / 23 м MS	71/142	2500
SPOT	HRVIR	4	20м/10 м	60	2600
AVHRR	MS	4	1100 м	2399	вільний доступ

Зокрема, знімки були використані нами для оновлення топографічної основи гірських територій Закарпаття та Криму, оцінки землекористування навколо окремих об'єктів та територій природно-заповідного фонду, тощо.

1. Оновлення топографічної основи (шляхи, річкова сітка) за знімками SPOT і Landsat на території Закарпаття та Криму. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 1999 р. №2303 “Про створення Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій”, зараз створюється фонд електронних тематичних карт для прийняття рішень в умовах кризових та надзвичайних ситуацій та впровадження їх у складових підсистемах УІАС НС. Однією з головних умов ефективного використання цієї системи є актуальність та точність закладеної у фонд інформації, суттєва доля якої являє собою географічні

об'єкти. Більшість просторових елементів такої карти була сформована протягом між 1964 та 1986 роками і вимагає актуалізації.

Проблему уточнення просторової інформації сьогодні вже неможливо вирішити без застосування засобів ДЗЗ, які дозволяють уточнити та одержати сучасні дані про просторове положення об'єктів дорожньої та гідрографічної мережі України.

В рамках одного з проєктів УЦМЗР, з метою апробації актуалізації топографічних карт за знімками SPOT та Landsat 7, нами було проведено коригування лінійних об'єктів електронної карти масштабу 1:200000 на територію Закарпаття й Криму.

Коригування топокарти Закарпаття. За основу для візуального коригування просторових шарів доріг, залізниць та річок було обрано панхроматичний знімок конкретної місцевості в Закарпатській області, отриманий зі штучного супутника Землі SPOT. Знімок та обрані просторові елементи електронної карти було приведено до єдиної декартової системи координат (сфероїд WGS-1984, зона 34) засобами просторового коригування систем ArcGIS 8.1. та ERDAS Imagine. Застосовуючи систему ArcGIS 8.1. просторові шари лінійних об'єктів були накладені на супутниковий знімок SPOT. Далі було проведено корекцію просторових шарів векторної карти базуючись на візуальному співпаданні лінійних елементів обраного просторового шару та відповідних елементів супутникового знімка – мал. 1.

Обрана методика була застосована і для створення електронної карти території Автономної Республіки Крим, для чого було використано зображення з супутників Landsat 7. Як можна побачити з малюнків 1 та 2, розташування реально існуючих маршрутів автошляхів в окремих випадках суттєво відрізняється від нанесених на карті.



Мал. 1. Уточнення сучасного положення автошляхів за знімком SPOT від 1998 року



Мал. 2. Уточнення положення автошляхів у Криму за знімком Landsat 7 1999 року.

2. Визначення сучасного стану довкілля поблизу потенційно-небезпечних об'єктів. Помітна застарілість карт України масштабів 1:200.000 (середня їх актуальність – 1984 рік) створює проблеми у визначенні сучасного стану великих потенційно-небезпечних об'єктів і територій (ПНОТ) та унеможливує реальну оцінку розвитку природних і антропогенних процесів в місцях їх розташування. Це, в свою чергу, ускладнює діяльність з оцінки та передбачення надзвичайних ситуацій і втіленню заходів з їх запобігання. Також, без детальної інформації про стан території неможливо адекватно оцінити економічні збитки від надзвичайних ситуацій (НС).

Спроба застосування космічних знімків Landsat для визначення сучасного стану місцевості та визначення площ, що можуть бути вражені при НС, в тому числі, для окремої задачі - економічних розрахунків збитків, була здійснена нами у рамках виконання проекту УЦМЗР “Моніторинг стану потенційно-небезпечних об'єктів і територій України”.

З метою визначення площ територій, що можуть потрапити під вплив можливих аварій на ПНОТ та розрахунку економічних збитків, нами було проведено класифікацію поверхні землі за знімком Landsat 7 за 2000 рік. Приклади відібраних основних класів землекористування наведено в табл. 2:

Табл. 2. Відбір класів землекористування для їх визначення за космознімком

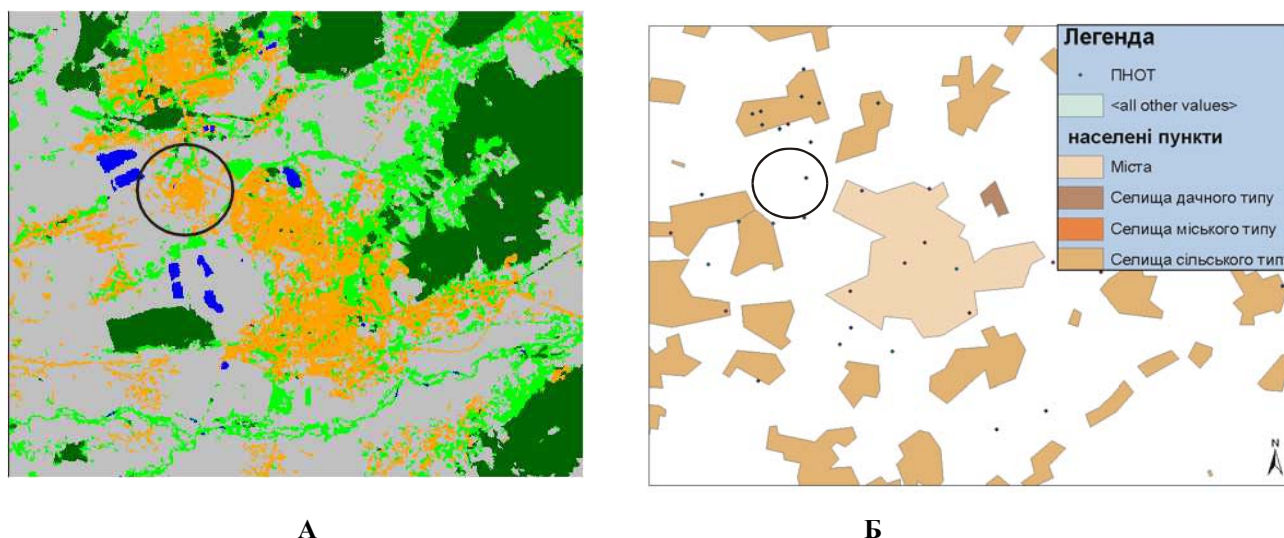
Клас землекористування	Мета відбору
Населені зони	Підрахунок площ житлових кварталів, що підпадають під НС
Ліси	Визначення площ лісів, що можуть бути пошкоджені в результаті НС
Сільгоспугіддя	Визначення площ уражених посівів
Гідрографія	Визначення гідрографічних об'єктів, що можуть потрапити під дію НС

В результаті роботи з вихідним космознімком Landsat 7 було отримано класифікований фрагмент території навколо ПНО “Оріана”, який далі було підкладено під електронну карту 1:200.000, розробленою за участі Міжвідомчого центру електронного картографування (МЦЕК). Як видно з мал. 3 (А і Б), було зафіксовано розходження з електронною картою, зокрема на карті не було відображено будови антропогенного характеру (показано на мал. 3 у середині кола). Таким чином, за допомогою космічного зображення було “піднято” реальний стан територій, розташування промислових об'єктів, лісів та сільськогосподарських угідь. Подальша детальна класифікація космознімків поблизу ПНО дасть змогу оцінити поточний стан сільськогосподарського користування та тенденції розвитку негативних природних процесів, що складно оперативним чином оцінювати іншими методами, ніж дистанційне зондування.

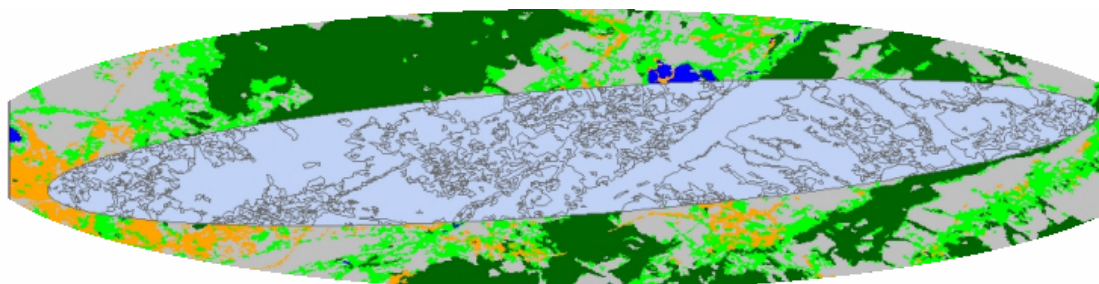
Використання космічних знімків Landsat 7 є доречним при моделюванні надзвичайних ситуацій, зокрема з викидом шкідливих речовин, що продемонстровано на прикладі ПНО “Оріана” (м. Калуш, Івано-Франківська обл.) для визначення площ вражених територій. Для цього нами була використана “Методика прогнозування наслідків вилливу викиду небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті”, затверджена МНС України 27.03.2001. Технічно блок моделювання було реалізовано з використанням мови програмування Visual Basic для стандартів ГІС ArcInfo 8.1. Розрахункові коефіцієнти розміщені в базі даних Geodatabase.

Після проведення моделювання було створено окремий шар зони дії НС, що накладено на векторизований космознімок у ГІС ArcInfo 8.1. Після цього, було

підраховано площі землекористування, що підпадають під дію аварії шляхом операції Intersect (перетин) – мал. 4., табл. 3.



Мал. 3. Класифікований космознімок Landsat 7 (А) та електронна карта місцевості 1: 200000 (Б) на територію довкола ПНО “Оріана”, Калуш, Івано-Франківська обл.



Мал. 4. Визначення площ території, що підпадають під дію аварії за векторизованим космознімком

Табл. 3. Площі територій різного характеру землекористування, охоплених дією модельованої НС

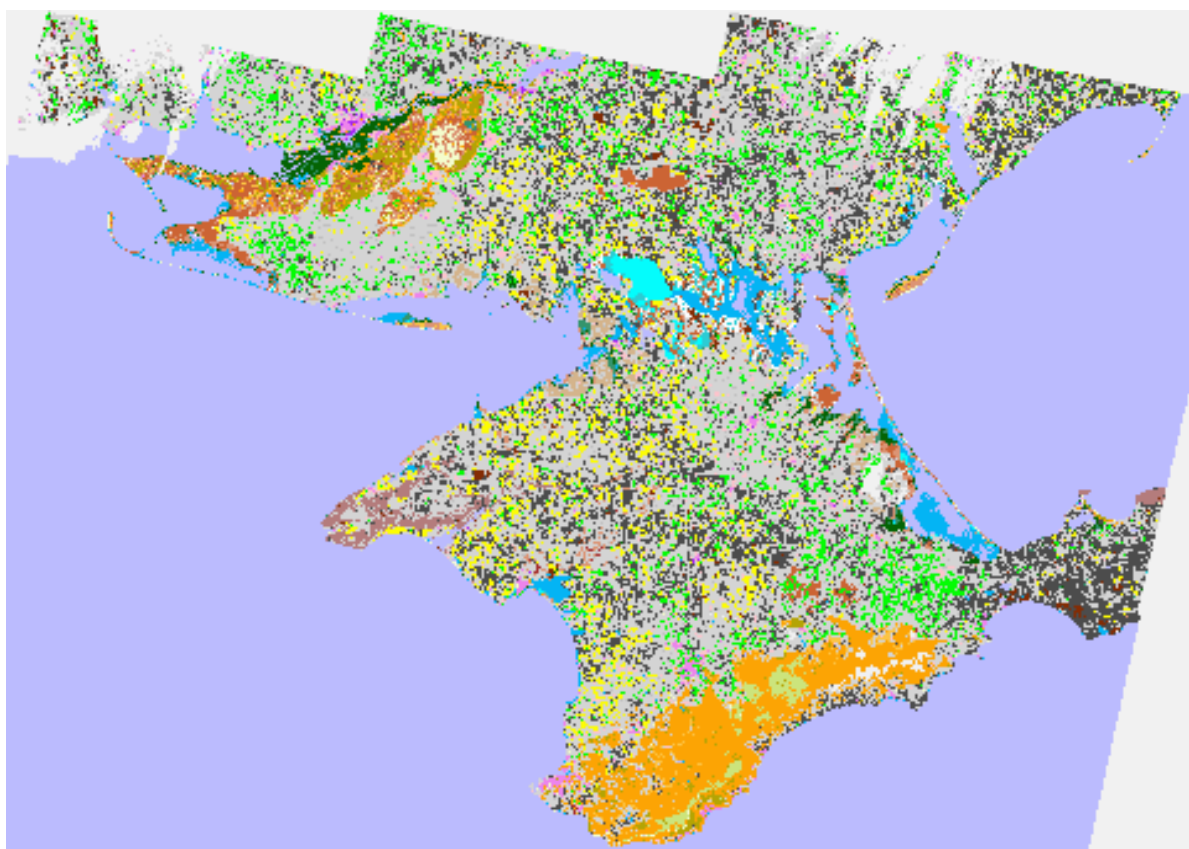
Клас землекористування	Площа покриття хмарою хлору при дії аварії (км ²)
Населені зони	1
Ліси	14,15
Сільгоспугіддя	24,02
Гідрографія	3,97

На підставі оцінки можливого розповсюдження аварійного викиду можна зробити визначення вірогідних економічних збитків від НС, а також передбачити дії з локалізації аварій та зменшення їх негативного впливу.

3. Уточнення карт територій та об'єктів природно-заповідного фонду та елементів майбутньої екомережі України. Згідно закону України «Про Загальнодержавну програму формування національної екомережі України на 2000-2015 роки» (Постанова Верховної Ради України №1989-III, від 21.09.2000) в найближчий час передбачено розгорнути в Україні широку роботу щодо картографування природних комплексів, створення геоінформаційних систем, інвентаризації місцезростань видів рослин, занесених до Червоної книги України, та рослинних угруповань, занесених до Зеленої книги України, що, взагалі, не можливо

зробити без застосування дистанційного зондування, серйозного поновлення карт, і без консолідації зусиль і коштів. Зважаючи на актуальність цього напрямку та достатні інформаційно-технічні можливості, УЦМЗР бере в цій роботі активну участь з 2000 р., зокрема, за напрямом “Збереження біологічного різноманіття і природних територій, які охороняються законом”. Перші результати такої роботи, виконаної на комерційній основі, нами було показано на 4-й міжнародній ГІС-наradі в Ялті (Придатко, Ішук, Потапенко, Штепа, 2001), в рамках проекту TDA. На той час було використано знімки LANDSAT 4 від 1977р. та LANDSAT7 ETM+ за 1999 та 2000 роки. Це дало можливість значно поновити інформацію про просторову прив'язку й інтегрувати в ArcInfo 8.0 дані з багатьох архівних джерел. Для України цей досвід був **чи не одним із перших**. Сьогодні цей перелік як використаних знімків LANDSAT, так і карт, актуалізованих для цілей природно-заповідної діяльності значно збільшено¹.

Протягом 2000 та 2001 рр. нами було враховано додаткові нові ландшафтні характеристики місцевості й отримано контури багатьох територій – елементів природно-заповідної та екологічної мережі України для масштабу 1: 200,000. Це стосується, зокрема, біосферних заповідників “Чорноморський” та ім. Ф.Фальц-Фейна



Мал. 5. Класифікація форм земної поверхні півдня України за 1999 та 2000 рр., отримана із п'яти знімків LANDSAT 7 ETM+ (див. текст). Обробку цих даних здійснено для масштабу 1:200.000.

«Асканія-Нова», національного природного парку “Азово-Сиваський”, таких заповідників, як «Казантипський», “Опукський” та ін., орнітологічної філії Кримського природного заповідника - “Лебедині острови”. (Для останньої території зафіксовано суттєві зміни контурів берегової лінії між 1988 та 1999 рр., так само, як і

¹ Йдеться про наступні зображення: August 12, 1999, Path 177 Row 28; August 21, 2000, Path 178 Row 28; August 10, 1999, Path 179 Row 28; August 12, 1999, Path 177 Row 29; August 21, 2000, Path 178 Row 29.

для кос Тендрівської затоки, що, разом, вказує на доцільність переоцінки площ цих територій для відображення у додатках до відповідних проектів організацій територій.) В наш перелік увійшли також території Тілігульського лиману, заток (Ягорлицька, Каркінітська, Джарилгачська, Обитічна), кос (Обитічна, Крива), Молочного лиману, дельти р. Дніпро, Центрального і Східного Сивашів), території між гирлом р. Берда і косою Бердянською і затокою Бердянською – тобто багатьох водно-болотних угідь внесених у перелік Рамсарської конвенції. Вже на стадії ГІС до нової електронної тематичної карти нами було прив'язано і території, що мають міжнародне значення для збереження птахів [ІВА-території]. Загалом в 2000 році УЦМЗР на основі 5 знімків LANDSAT 7 ETM+ була проведена нова класифікація земного покриву значної території півдня Миколаївської, Херсонської, Запорізької областей та всієї Автономної Республіки Крим (мал. 5.), що можна використовувати для уточнення контурів елементів екомережі.

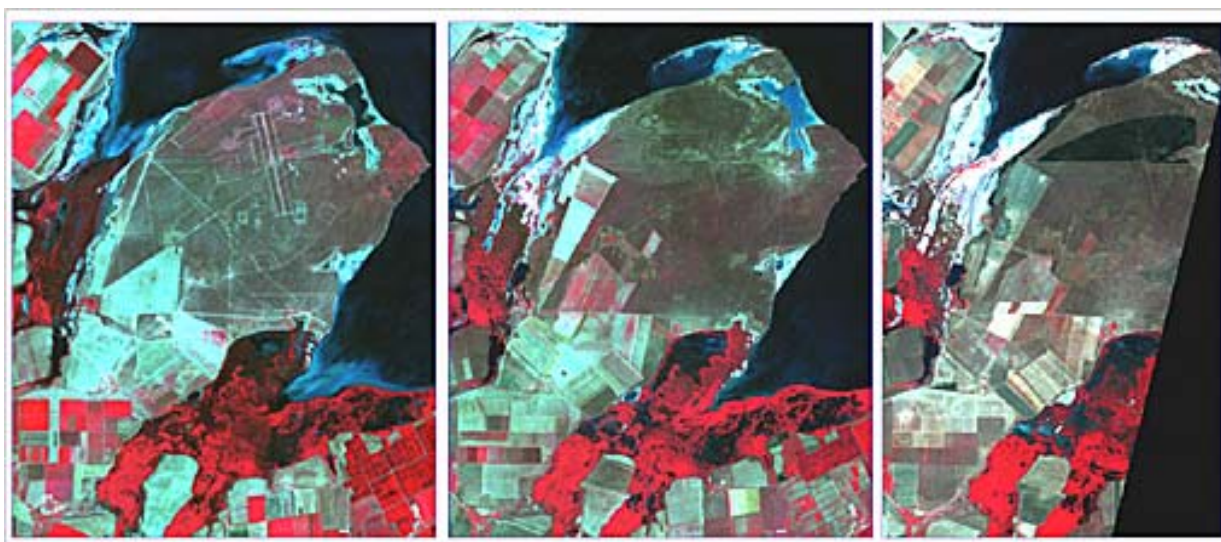
При класифікації і виділенні тестових полігонів нами проведено масштабну пошукову роботу - використовувались карти ландшафтів, адміністративні карти, карти ґрунтів, документований опис територій, створений співробітниками заповідників і наукових закладів, інформація описового плану із книг і статей, а також усна інформація з місць та ін. Окремі дані збирали безпосередньо на місцях, на природно-заповідних територіях, та при геопозиціонуванні з використанням GPS Magellan. На першому етапі класифікації застосовувалась автоматична процедура (Unsupervised Classification). Було виділено в окремі класи, зокрема, водні поверхні, мілководдя, ділянки, покриті сухою або вологою сіллю, піски і т.д. Інші класи виділяли методом завдання тестових полігонів (Supervised Classification). Таким чином, було класифіковано, наприклад, ділянки з різними типами рослинності, чотири типи степових територій, лісові і степові ділянки, що постраждали від пожеж, відкриті розробки корисних копалин, великі промислові підприємства, урбанізовані і сільські території, різні типи сільгоспугідь і т.д.

Усього на базі лансатівської мозаїки та для масштабу 1: 200.000 нами було виділено 27 класів земного покриву. Усі процедури й алгоритми, що використовувалися при класифікації, проводилися за допомогою програмного продукту ERDAS Imagine 8.4.

Безумовно, така класифікація є надзвичайно зручною, як для цілей конструювання екомережі, так і для виконання більш точних задач – наприклад, оперативної побудови пілот-мозаїки потенційних середовищ існування червонокнижних видів. Адже не секрет, що дані Червоної книги України є застарілими, і сучасна ситуація суттєво відрізняється від тої, що мала місце у 90-х роках. Для науковців, яких при першому знайомстві із лансатівським тематичним картографуванням може незадовольнити можливість побудови карт масштабу 1:200,000 і навіть 1:100000, зазначимо лише одне: у Червоній книзі України описова інформація (або точки на картах-схемах, які маркують приблизне розповсюдження місць знаходження рідких видів), стосуються територій радіусом в декілька сотень кілометрів! Ми вважаємо, що як і у випадку, описаному у попередньому розділі (це щодо ПНО), для цілей екологічного картування, космознімків і продукти його цільової обробки можуть тимчасово замінити карту сучасного стану території. Це значно підвищить оперативність і ефективність цілого ряду робіт ботанічного і зоологічного спрямування.

Окремої уваги заслуговує новий спільний досвід УЦМЗ та адміністрацій деяких природоохоронних територій щодо фіксації на лансатівських знімках слідів від пожеж чи сінокосіння віком 4 і більше років! Так, спільно із заповідником “Асканія-Нова” зафіксовано, що територія, яка потерпіла від пожежі в 1996 року залишається

помітною на космознімку 2000 року, не кажучи вже про старі дороги, які вже давно не використовуються. На території майбутнього регіонального ландшафтного парку “Калинівський”, що в Джанкойському районі, завдяки порівнянню ландсатівських



Satellite: LANDSAT 4
Data: August 13, 1988
Bands TM: 4, 3, 2
Path 177 Row 28

Satellite: LANDSAT 7
Data: August 12, 1999
Bands ETM+: 4, 3, 2
Path 177 Row 28

Satellite: LANDSAT 7
Data: August 21, 2000
Bands ETM+: 4, 3, 2
Path 178 Row 28

Мал. 6. Робочі матеріали щодо актуалізації тематичної карти 1:200,000 майбутнього регіонального ландшафтного парку “Калинівський” (Джанкойський р-н, АР Крим). Завдяки порівнянню космічних знімків LANDSAT 4 та LANDSAT 7 за 1988-2000 рр. виявлено поверхні, де рослинний покрив зазнавав помітних техногенних змін. На зображенні від 21 серпня 2000 р. легко дешифрується також поверхня, яка постраждала від масштабної пожежі.

знімків 1988, 1999 та 2000 рр. нами виділено значну кількість таких колишніх доріг, залишків техногенної діяльності, що стало в нагоді науковцям при проведенні геоботанічних та інших експедиційних наукових робіт протягом жовтня-грудня 2001 року (мал. 6). Геометричні фігури на поверхні цілинного степу нагадують відомі малюнки минулої цивілізації у пустелі Наска, якими так захоплювались, у свій час, уфологи, і якими тепер, мабуть, захопляться геоботаніки та ентомологи.

Висновки

Таким чином, наш спектр використання зображень, отриманих із супутників Landsat 4, Landsat 7 та SPOT постійно доповнюється і відтепер включає також оновлення топографічної основи для гірських територій України, визначення стану довкілля поблизу потенційно-небезпечних об’єктів, забезпечення потреб природно-заповідного фонду України та досягнення цілей конструювання екомережі. Наші розробки показали високу користь від використання космознімків для отримання актуальних даних про місцевість. Фактично, на основі зазначених даних дистанційного зондування Землі відносно легко й швидко можуть бути створені тематичні карти для аналізу можливих НС на ПНО для ГІС. Зазначені роботи, безумовно, мають практичне значення також для природно-заповідної справи, зокрема, з огляду на цілий ряд міжнародних ініціатив (наприклад, щодо Всеєвропейської екомережі, впровадження планів дій щодо збереження територій існування тварин і рослин, внесених до Бернської конвенції і т.п.), адже вони дають змогу точно визначити контури та мозаїку екологічних коридорів різного рівня

інтеграції, а саме головне – прив'язати статистичну інформацію до сучасної карти в ГИС, надалі розширюючи можливість цієї, безумовно, зручної електронної енциклопедії, якої так не вистачає сьогодні як науковцям, так і управлінцям.

Подяки

Роботи з актуалізації карт природоохоронних територій в АР Крим нами було виконано в рамках проекту УЦМЗР, який фінансувався USAID, а також за ділової підтримки Рескомприроди АР Крим, НД Центру технології сталого розвитку при Таврійському національному університеті ім. В.Вернадського та дякуючи Райдержадміністрації Джанкойського району.

Джерела інформації

В.И. Придатко, А.А. Ищук, Л.С. Потапенко, Ю.Н. Штепа Результаты выполнения проекта по созданию пилот-ГИС для целей мониторинга экосистем и сохранения биоразнообразия в Азово-Причерноморье (версия 2) // IV Международной конференции « Геоинформационные технологии в управлении территориальным развитием », Ялта, 28 мая – 1 июня, 2001 г. ECOMM, 2001 (CD).