

МОНІТОРИНГ, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 504.61

Триснюк В.М., Триснюк Т.В.

*Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України, Київ*

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ МЕТОДИ РЕГІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Розглянуто просторово-часові методи регіональної системи моніторингу на основі дистанційного зондування. ГІС-аналіз нечітких множин лісорослинних ресурсів дає змогу в інтерактивному режимі приймати необхідні управлінські рішення для екологічної безпеки регіону.

Ключові слова: інформаційні технології, екологічний стан, моніторингові дослідження, екологічна ситуація, просторово-часові методи.

Рассмотрены пространственно-временные методы региональной системы мониторинга на основе дистанционного зондирования. ГИС-анализ нечетких множеств лесорастительных ресурсов позволяет в интерактивном режиме принимать необходимые управленческие решения для экологической безопасности региона.

Ключевые слова: информационные технологии, экологическое состояние, мониторинговые исследования, экологическая ситуация, пространственно-временные методы.

We consider spatio-temporal methods of regional monitoring system based on remote sensing. GIS analysis of fuzzy sets forest plant resources enables you to interactively take the necessary administrative decisions for environmental security in the region.

Keywords: information technology, environmental condition monitoring studies, environmental situation, the spatial-temporal methods

Актуальність проблеми. Характеристика пунктів спостереження має велике значення для оцінки просторово-часових аспектів функціонування наглядних мереж, а також для підготовки інформаційно-обґрунтованих управлінських рішень. Оптимізація кількості пунктів спостереження, а також кількості та регламенту спостережуваних параметрів дуже важливо з погляду економічних витрат на отримання інформації. Враховуючи сучасний фінансовий стан природоохоронної сфери в Україні, ця складова має велике значення (оптимум інформації при мінімізації витрат на утримання мереж екологічного моніторингу).

Виклад основного матеріалу. До основних відомчих мереж, які повністю охоплюють територію Тернопільської області, відносяться системи спостережень обласної СЕС, гідрометцентру, департаменту з охорони навколишнього природного середовища, облводгоспу. Найбільш систематичною і розвиненою в просторовому відношенні на Тернопільщині є міжвідомча мережа спостережень за поверхневими водними об'єктами, пункти якої розташовуються практично на всіх основних елементах гідрографічної мережі регіону. Велике значення для Тернопілля, як території з високим рекреаційним потенціалом, мають спостереження за станом ґрунтових, водних, лісорослинних ресурсів.

Аналіз структури та регламенту спостережень систем відомчого моніторингу показав, що міжвідомча взаємодія знаходиться на дуже низькому рівні. Відомства тільки у виняткових випадках обмінюються первинними даними. Як правило, це пов'язано з

наданням даних для розробки регламентуючих і дозвільних документів (томи гранично допустимих викидів, скидів і т.д.), або з надзвичайними ситуаціями техногенно-природного характеру.

Використання структурами інформації в узагальненому вигляді ускладнює отримання інтегральних оціночних показників, що стосуються декількох компонентів природи або видів природних ресурсів. Таке становище не дозволяє дати інтегральну оцінку забруднення території досліджень і створити загальну для регіону базу даних, а також обґрунтувати параметри фонових концентрацій для розрахунку гранично допустимих скидів.

Проблемою, яка повинна бути вирішена, є недостатньо ефективного регулювання у сфері управління системою моніторингу навколишнього середовища, обумовлене відсутністю системного підходу при визначенні пріоритетів у плануванні дій суб'єктів, низьким рівнем уніфікації нормативно-методичної бази, недостатнім рівнем технічного забезпечення і низьким рівнем міжвідомчих взаємодій систем спостереження та обробки екологічної інформації.

Забезпечення функціонування екологічної безпеки як єдиної системи, є досить складним завданням і потребує вирішення цілого ряду питань як в організаційному, методичному, так і в технічному плані [1]. За функціональним завданням підсистеми регіональної системи моніторингу складаються з трьох блоків:

- отримання та зберігання первинних даних;
- обробки, аналізу та подання інформації;
- оцінки, контролю і планування відомчих заходів щодо поліпшення стану окремих об'єктів навколишнього середовища (рис.1).

Кожен з цих блоків на рівні окремих суб'єктів моніторингу має свою структурно - організаційну, науково - методичну та технічну бази.



Рис. 1. Обласна система управління екологічною безпекою

Відомчими підсистемами спостерігаються: ступінь забруднення і відхилення від нормативних вимог екологічного стану окремих природних середовищ, вплив окремих типів джерел забруднення на екологічну ситуацію і середовище життя людини, вплив природних процесів і явищ на стан навколишнього природного середовища.

Для формування банку космоінформаційних даних динаміки екосистем Тернопілля використано космознімки і топокарти. Покриття території області супутниковими знімками відображено на рис. 2.

Для аналізу природного стану та антропогенізації досліджуваних екосистем використано радіаційно та геометрично скореговані спектрзональні знімки (L1G) з супутника Landsat 5 TM 5186024000322610 від 18.07.2012 р (рис. 3.) з роздільною здатністю 30 м, сканерні копії планшетів топографічної карти масштабу 1:100000, фрагменти планів лісонасаджень, картографічні дані ландшафтно-екологічних досліджень.

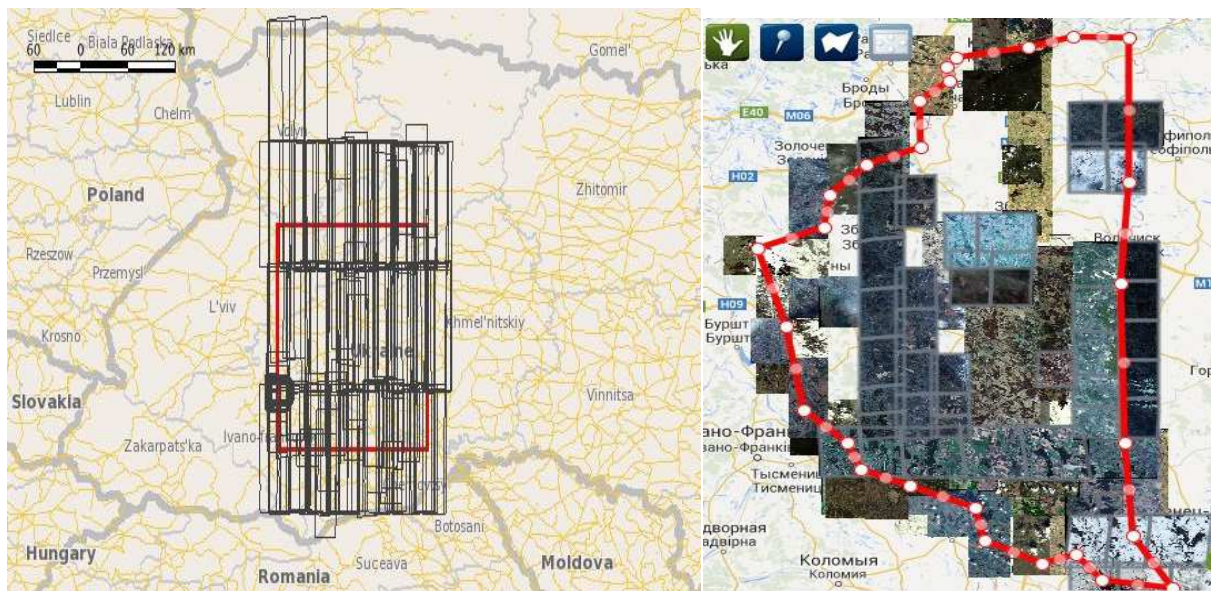


Рис. 2. Покриття території Тернопільської області космознімками

Сучасні світові тенденції розвитку космічних технологій свідчать про те, що дистанційне зондування Землі належить до категорії найбільш важливих напрямів. Використання цифрових технологій обробки космічних знімків дозволяє перейти до повністю або частково цифрового потоку даних ДЗЗ [2].

Однією з складових ланок цього технологічного циклу є аналіз космічних зображень об'єктів. Зростання можливостей сучасного комп'ютерного забезпечення обумовило розвиток програм для обробки та аналізу матеріалів ДЗЗ. Можна виділити три види програмного забезпечення даного напрямку: програми попередньої обробки та тематичного дешифрування зображень; програми цифрової фотограмметричної обробки зображень; геоінформаційні системи (ГІС) та картографічні бази даних. Переважна більшість програмних засобів оброблення зображень, у т.ч. ErMapper, ENVI, ERDAS Imagine, PCI та інші, розраховані на використання в системах ДЗЗ, але сповна можуть застосовуватись і в ГІС. Перспективним шляхом підвищення оперативності та значимості результатів функціонування інтегрованих ДЗЗ/ГІС-систем є їхнє подальше інтегрування в глобальну мережу Internet.

Аерокосмічне картографування рослинності має широке практичне застосування, тому інтенсивно розвивається як науковий напрямок ДЗЗ. Космічні знімки використовуються для вивчення біологічних ресурсів, зокрема, для спостереження за рослинністю, визначення запасів кормових угідь, спостереження за сільськогосподарськими культурами, визначення обсягів фітопланктону, моніторингу рибних ресурсів, вивчення болотних комплексів, визначення місць проживання різних видів тварин і ін. При розв'язку задач екологічного картографування земного покриття на глобальному рівні методами дистанційного зондування на даний час не існує реальної

альтернативи. При цьому, не дивлячись на активізацію досліджень в даному напрямку, методичні та технологічні аспекти супутникового картографування рослинності, все ще потребують істотного розвитку.



а - за правилом мінімальної відстані



б - за правилом відстані Махаланобіса



в - за правилом максимальної правдоподібності

Рис. 3. Результат контрольованої класифікації знімка знімальної системи супутника Ikonos (а - за правилом мінімальної відстані, б - за правилом відстані Махаланобіса, в - за правилом максимальної правдоподібності).

Експлуатацію лісових ресурсів, зокрема вирубку лісів з промисловою метою часто проводять хаотично, без врахування економічної доцільності та аналітичної оцінки. Крім того, ліси зазнають значних пошкоджень від пожеж, різних шкідників, негативного впливу зміни гідрологічного режиму, забруднення ґрунтів і повітря токсикантами. Ці чинники спричиняють значні екологічні та економічні збитки [3].

Можливість використання у лісовому господарстві даних дистанційного зондування Землі значно збільшує продуктивність господарської та природоохоронної діяльності. Моніторинг лісів з використанням аерокосмічних даних передбачає: отримання, нагромадження і попередню обробку видової космічної інформації; отримання і нагромадження наземної завіркової інформації, яка містить лісотехнічні параметри; сумісну обробку космічної та наземної інформації із застосуванням ГІС-технологій та програмних продуктів типу ERDAS Imagine; комп'ютерне моделювання в геосистемах для прогнозування спрямування та інтенсивності проходження екологічних процесів; прийняття управлінських рішень та розробку заходів щодо створення оптимальних умов природокористування.

Вихідними матеріалами для проведення класифікації лісів Тернопільської області слугували космічні знімки, отримані оптико-електронними знімальними системами із супутників QuickBird (червень 2010р. - літній знімок) та Ikonos (березень 2012р. - зимовий знімок). Завірковою інформацією слугували дані польових досліджень, з поділом знімка на полігони і відповідним описом кожного з них. Вони зібрані за такими ознаками: загальна характеристика полігону (дорослий хвойний ліс, неконтрольована поросль тощо); відсоток породи переважаючого виду; середня висота дерев; середня товщина стовбурів; середня відстань між деревами.

Для виконання класифікації лісових об'єктів використано програмне середовище ERDAS Imagine 11. Важливим елементом неконтрольованої класифікації є вибір класів. У початковій стадії досліджень задано: кількість класів – 15; кількість ітерацій – 25; критерієм переходу на наступну ітерацію слугує відсоток пікселів, які не змінили свого класу, ітерація вважається завершеною, якщо 95% пікселів належать до заданого класу. Однак, такі зображення мають дрібно мозаїчний характер і важко встановити згруповані класи об'єктів, тому їх кількість зменшено до восьми класів. Основними класами є: тіні, ґрунти, хвойні ліси, кущі, листяні ліси, мішані ліси. Результати неконтрольованої класифікації уточнено з використанням контрольованої класифікації, зокрема методів мінімальної відстані, відстані Махаланобіса та максимальної правдоподібності.

Як свідчать результати класифікації, на зимовому знімку добре ідентифікуються хвойні ліси, на деяких чітко видно смугові посадки молодняка. Велика розрізнявальна здатність знімальних систем та високі інтерпретаційні можливості знімків дозволяють виявити вікові особливості хвойних насаджень.

Подальші дослідження стосувались контрольованої класифікації. Для формування навчальної вибірки використовувалась завіркова інформація, отримана із польових досліджень. Уточнено кількість класів та вибрано 7 еталонів ландшафтів відповідно до завіркової інформації (мішані, листяні, кущі, наскельні).

За цими показниками основні ландшафти досліджуваної території шикуються в наступний ряд (від більш ефективних до менш ефективних): букові ліси (і близькі до них) – дубові ліси – чагарники – різнотравна рослинність – луки. Цей ряд відповідає зменшенню зволоження, тобто це гідроряд. Об'єднання даного підходу з даними по відхиленню сучасних ландшафтів від природних (таблиця 1) дозволяє представити двовимірну систему екологічної оцінки ландшафтів (таблиця 2).

На основі детального аналізу геоecологічної ситуації в Тернопільській області [4,5] була зроблена оцінка відхилення сучасних природних і природно-техногенних ландшафтів регіону від їх природного стану (табл. 1.).

Таблиця 1

Схема оцінки відхилення сучасних ландшафтів від природної норми

Види ландшафтів	Типи використаних ландшафтів								
	природні				природньо-техногенні		техногенні		
	заповідні	водоохоранні	рекреаційні	Експлуатаційні	сади	поля	сіл. нас. пункти	міста	пром. зони
Буковошироколистяні	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісовошироколистяні	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісово-буковошироколистяні	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лучні водноболотні	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Водоболотні	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісові широколистяні	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісові наскельно-степові	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наскельно-степові	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таблиця 2

Екологічна оцінка основних типів ландшафтів Тернопільської області

Види ландшафтів	Типи використаних ландшафтів								
	природні				природньо-техногенні		техногенні		
	заповідні	водоохоранні	рекреаційні	експлуатаційні	сади	поля	сіл. нас. пункти	міста	пром. зони
Буковошироколистяні	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісовошироколистяні	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лісово-буковошироколистяні	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лучні водноболотні	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Водоболотні	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Лісові широколистяні	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Лісові наскельно-степові	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наскельно-степові	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Разом з тим різні природні ландшафти володіють різними здібностями до екологічної регуляції:

По всій периферії цієї зони виділяється пояс максимальних значень ступеня відхилення від природної норми екологічної регуляції. Іншими словами, це область

найбільш важкої екологічної ситуації, оціненої за ступенем відхилення ландшафтних комплексів від норми. Головними причинами такої ситуації є процеси урбанізації, розширення сільськогосподарських угідь в зоні лісових ландшафтів, а також рекреаційного освоєння території.

Прогнозується збільшення навантаження на лісові масиви вздовж доріг, що зв'язують території з сусідніми областями. Тенденції розширення прямого впливу на лісові екосистеми вздовж доріг відзначаються на всій території. За нашими оцінками, зона прямого та опосередкованого впливу вздовж доріг розширилася, як мінімум, у п'ять разів і в середньому до теперішнього часу досягає 2,5-5 км, наприклад шумовий вплив від залізничної траси в місті Тернопіль досягає 6-7 км. Розраховано площі класів у відсотках, отриманих різними методами. Найефективнішим методом класифікування лісів за результатами досліджень є метод максимальної вірогідності. Різниця площ, одержаних із завіркової інформації та обчислених за методом максимальної вірогідності, для хвойних лісів становить 1-2%, листяних та мішаних – 3-5%. Різниця між площами для знімальної системи супутника Ikonos, обчислена методами максимальної вірогідності та відстані Махаланобіса, для хвойних лісів становить 1-2%; за правилом максимальної вірогідності та мінімальної відстані – 2-5%; для листяних і мішаних лісів – 11-14% та 7-9% відповідно.

Хвойні ліси ідентифікуються на зимовому знімку з високою точністю. Очевидно, що на класифікацію мішаних та листяних лісів зимового знімка значний вплив має підстильна поверхня. За літнім знімком навіть хвойні ліси виказують значні різниці при класифікації, це 6-10% і 5-6% відповідно; для листяних і мішаних лісів різниці становлять 5-7% та 2-10% відповідно. За використання гібридної технології класифікації кількість класів можна визначати із застосуванням неконтрольованої класифікації, а для уточнення результатів використовувати методи контрольованої класифікації. Літній знімок дозволяє точніше ідентифікувати мішані та листяні ліси.

За даними завіркової інформації польових досліджень найточніші результати класифікації отримано за методом максимальної вірогідності. Труднощі в розрізненні існують, оскільки до класу лісів потрапили перезволожені ділянки відкритих торфовищ, таким же кольором відтворились і русла рік. Якщо ж на стадії навчання цим об'єктам задавати різну класову належність, то однаково будуть зображені інші комбінації географічних об'єктів, наприклад, до класу позбавлених рослинності торфовищ автоматично зачислені надмірно зволожені фрагменти трав'яних боліт.

Зазначену проблему ідентифікації можна вирішити, взявши до уваги додаткові дешифрувальні ознаки: обриси, форму, місце розташування, сусідство. Русла рік на тлі лісів, наприклад, виділені звивистістю та розміщенням у межах заплави, яку, відповідно, легко впізнати за смугастою витягнутістю та іншим від межиріч набором кольорів. Ділянки відкритих торфовищ, на відміну від озер, здебільшого, прямокутно-кутові й порізані мережею осушувальних каналів.

До семантично і геометрично достовірно класифікованих, здебільшого, належать лісові масиви. Крім того, чітко виражена їхня внутрішня структура, яка є наслідком різної висоти, зрілості, густоти, компактності, вкраплень інших угідь. Натомість ліси з суцільним однаково високим пологом формують безструктурне зображення.

Досить велика площа на досліджуваній території є під безлісими, зокрема, трав'яними, моховими і чагарниковими болотами. В загальному малюнку зображення вони виділені великими плямами й відмінними від решти лісового оточення кольорами. На противагу космічному знімку, де болота досить одноманітні за зображенням, на класифікованій карті для них характерна складна структура, утворена плямами лук, мохів, місцями вкритих зверху водою й іншою рослинністю, у тому числі з відбивною здатністю, близькою до відбивної здатності пісків, тобто сухої.

Розглянемо більш детально порядок геоінформаційного аналізу досліджуваної місцевості. На першому етапі необхідно визначити межі району аналізу, для чого з інформаційного сховища беремо цифрову карту місцевості базового масштабу 1 : 200 000

[5]. Для виділення району аналізу, створюється "полігон району дослідження": на електронній карті визначаються межі зони можливого розташування небезпечного об'єкта. Шляхом погодження меж "полігону" і створеної електронної карти формується електронна карта на район, який підлягає аналізу.

Для аналізу досліджуваної території доцільно використовувати тільки вбудовані функції ГІС- аналізу, які реалізовані в більшості геоінформаційних програмних оболонок. Це - визначення зон видимості і крутизни схилів. При бажанні, можна застосувати більш складні алгоритми аналізу, наприклад, визначення зон непрохідності місцевості для автомобільної техніки в залежності від вологості і типу ґрунтів.

На першому етапі створюється тривимірна модель району аналізу шляхом комплексної обробки елементів планово-висотної основи (пункти геодезичної мережі і пануючі висоти) і рельєфу (горизонталі) модулем просторового аналізу Spatial Analyst, а потім формується растр зон видимості з пануючих висот і додаткових пунктів спостереження у форматі GRID. Растр формується з урахуванням чіткості елементів рослинності. Значення кожного елемента растра відповідає кількості пунктів спостереження, в зоні видимості яких він знаходиться. Наступною алгебраїчною процедурою є нормування растра і віднімання з 1. Таким чином, формується растрова модель району, для якої значення елементів растра змінюються в межах 0-1, і чим вище значення, тим більше кращим для розташування є цей елемент місцевості з точки зору дослідження.

Наступним етапом аналізу є виділення територій непрохідності для служб надзвичайних ситуацій. Такими областями є, як правило, об'єкти гідрографії і області поверхні суші, кут нахилу яких перевищує критичний для прохідності транспортних засобів. Після виключення областей непрохідності елементам растра присвоюються значення в інтервалі від 0 до 1 залежно від кута нахилу поверхні суші (чим менше кут, тим більше значення).

На рис. 4. представлена функція приналежності елементів растрових моделей рослинного покриву і дорожньої мережі в залежності від відстані R_d від розміщення відповідних об'єктів на місцевості, яке визначається часом їх досяжності t_d та v - швидкістю пересування підрозділу.

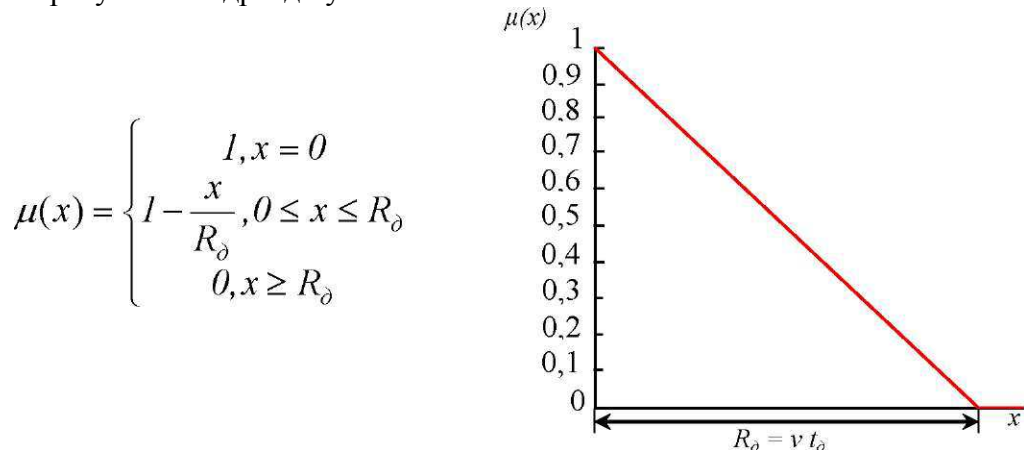


Рис. 4. Функція приналежності елементів растрових моделей рослинного покриву і дорожньої мережі в залежності від відстані.

При аналізі враховувалася прохідність рослинного покриву для техніки надзвичайних ситуацій. Таким чином, було отримано растрові моделі території, які ілюструють розподіл властивостей місцевості на поверхні. Елементи растра всіх моделей мають єдину шкалу з діапазоном значень 0-1, при цьому більш придатним елементам відповідає більшого значення. Оцінюючи екологічні властивості місцевості, слід враховувати, що не всі складові однаково впливають на прийняття рішення про розміщення. Зрозуміло, що для настання більш важливою властивістю є прохідність

місцевості, а для ліквідації напрямків - її захисні характеристики. Для розглянутої моделі будемо вважати, що ступінь впливу кожної складової на загальний результат однакова.

Таким чином, в роботі зроблено спробу реалізувати методіку геоінформаційного аналізу тактичних властивостей місцевості з урахуванням нечіткого представлення захисних властивостей і прохідності місцевості (на прикладі ділянки 90х90 км. Івано-Франківської та Тернопільської областей). Результат аналізу може бути використаний для уточнення районів надзвичайних ситуацій в процесі прийняття рішення в інтерактивному режимі. Перспективними можуть бути дослідження із залученням додаткових даних ґрунтового покриву для уточнення ділянок прохідності місцевості або даних аналізу космічних знімків високого дозволу для внесення оперативних змін в базову цифрову топографічну карту.

Висновок. Побудова системи комплексного моніторингу природного стану, а також ренатуралізаційних та деградаційних трансформацій екосистем, на основі кореляційного синтезу даних дистанційного зондування є результатами наземних лабораторно-польових вимірювань і перевірки адекватності розроблених методів і моделей.

Таким чином, існуючий стан обумовлено наявною як на державному, так і обласною системами моніторингу навколишнього середовища, її нормативно-методичною базою, функціонуванням діючої структури системи спостережень і рівнем її технічного забезпечення, системою інформаційної взаємодії між суб'єктами моніторингу та владними структурами, а також невідповідність обсягів фінансування існуючим потребам розвитку та підтримки екологічної безпеки.

Література

1. Адаменко О.М. Екологічний аудит територій: Підручник /О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко Л.В. – Івано - Франківськ: Факел, 2000. - 342 с.
2. Красовський Г.Я. Інформаційні системи тематичної обробки геоданих в завданнях моніторингу довкілля і природних ресурсів на регіональному рівні /О.М. Трофимчук, Г.Я. Красовський// Матеріали наради «Можливості супутникових технологій і сприянні вирішення проблем Харківщини». – Харків, 2009, – С. 65-68.
3. Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району /В.М. Триснюк. – Тернопіль: Тернограф, 2004.-219с.
4. Гуменюк Г.Б. Сезонна міграція міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу / Г.Б. Гуменюк, В.В. Грубінко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: період. наук. зб. Київ. ун-ту. – К.: Ніка-Центр. – 2001. – Т.2. – С. 745-753.
5. <http://www.tarnopol.te.ua>

Поступила в редакцію 19 квітня 2014 р.

Рекомендував до друку д.т.н. Г.Я. Красовський

УДК 504: 55

Міщенко Л. В.

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ

Обґрунтовані та розроблені методи екологічної оцінки техногенного впливу на ландшафти і його складові. Представлені результати комплексного техногеохімічного дослідження з використанням інформаційних технологій для ландшафтно-геохімічної оцінки природно-техногенної безпеки територій різних ієрархічних рівнів та подальшого їх районування. Створені комп'ютеризовані системи екологічної безпеки, побудовані