



ДЕЯКІ АСПЕКТИ МЕТОДИКИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ МЕРЕЖ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ПРИРОДНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Описывается состояние объектов и систем наблюдений за природными комплексами Киевской области методами геоинформационного анализа пространственных распределений. Изложены основные аспекты методики анализа распределения объектов сети мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв, которая обеспечивает выявление регулярного, случайного и кластерного пространственного распределения объектов. Предложенные методы позволяют эффективно оценивать пространственную структуру сетей объектов и систем наблюдений за природными комплексами.

The article is devoted to the status of features and observation systems of natural sites of Kyiv oblast. The status was defined by means of GIS analysis of spatial distributions. The basic aspects of analysis methods of features distribution of monitoring network of the natural air, surface waters and soils have been described. The methods allow to detect regular, random and clustered spatial distribution of features. The proposed methods enable to estimate effectively the spatial structure of feature networks and observation systems of natural sites.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Зростання техногенного навантаження на навколишнє природне середовище зумовлює необхідність підвищення рівня його екологічної безпеки на основі організації постійно діючої системи спостереження за станом природних комплексів. Моніторинг природних комплексів тісно пов'язаний з веденням державного земельного кадастру, з розробленням містобудівної та землевпорядної документації, встановленням обмежень на використання земельних ділянок, проведенням грошового оцінювання земель.

Важливість та значимість забезпечення спостережень за навколишнім середовищем, зокрема за природними комплексами, обумовили запровадження та реалізацію таких глобальних міжнародних програм, як: COoRdination of INformation on the Environment (CORINE), Global Monitoring for Environment and Security (GMES, нині Copernicus) та Global Earth Observation System of Systems (GEOSS), участі в яких Україна не бере.

Сучасний стан моніторингу природних комплексів в Україні характеризується наявністю окремих відомчих систем, їх розпороченістю та дублюванням функцій, відсутністю єдиної методології збирання, оброблення, накопичення і передавання моніторингової інформації. Все це призводить до суттєвих просторово-часових розбіжностей даних, суб'єктивного оцінювання стану довкілля, що породжує прийняття помилкових рішень у питанні усунення або послаблення виявлених негативних змін у компонентах природних комплексів [6].

Таким чином, *актуальність теми* визначається необхідністю організації ефективного функціонування постійно діючої системи моніторингу природних комплексів в умовах зростання техногенного навантаження на навколишнє природне середовище на основі застосування геоінформаційних систем. Це потрібно для комплексного управління територіями, забезпечення ведення державного

земельного кадастру, проведення грошового оцінювання земель, раціонального використання і сталого розвитку територій.

Зв'язок теми дослідження з важливими науковими та практичними завданнями. Дане дослідження продиктоване постановою Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля" від 30.03.1998 р. № 391, Державною цільовою екологічною програмою проведення моніторингу навколишнього природного середовища, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 5.12.2007 р. № 1376, і науково-дослідною роботою під назвою "Картографоінформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об'єктів системи моніторингу", виконаною в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (2009, 2010 рр.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і які використала автор цього дослідження. Теоретичну основу дослідження у частині створення та ведення системи моніторингу довкілля і природних комплексів становлять наукові праці В. С. Аношка, Л. Б. Білоус, М. А. Ведюшкіна, Н. М. Вознюка, Л. Д. Грекова, А. М. Гріна, Н. О. Гумницької, В. І. Добровольського, К. М. Дьяконова, Ю. А. Израеля, М. О. Клименко, І. П. Ковальчука, В. А. Ковди, Г. Я. Красовського, С. І. Кукурудзи, Т. М. Лактіонової, А. А. Лященка, В. В. Медведєва, Л. Г. Руденка, М. І. Сиротюк, О. Г. Татаріки, В. А. Трокоз, О. М. Трофимчук, П. Г. Шищенко, І. М. Шелковської та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість досліджень і публікацій з проблеми, їх автори обходять питання застосування методів ГІС-аналізу просторової структури мереж об'єктів і систем спостережень за природними комплексами.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Змістом статті є обґрунтування деяких аспектів методики геоінформаційного аналізу оптимальності мереж моніторингу стану атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунтів у Київській



області методами математичної статистики та методом просторового розподілу. Пропонована далі методика є наслідком досліджень, опублікованих у попередніх статтях [4, 8, 9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз стану моніторингу навколишнього природного середовища в Україні показав, що він діє на відомчому рівні. Його здійснюють Міністерство екології та природних ресурсів, Державне агентство земельних ресурсів, Державна служба з надзвичайних ситуацій, Міністерство охорони здоров'я, Міністерство аграрної політики та продовольства, Державне агентство водних ресурсів, Національне космічне агентство, Державне агентство лісових ресурсів, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства та інші державні інституції.

Багатосуб'єктність моніторингу доквілля, різний рівень його інформаційно-технологічного забезпечення у відомствах породили низку проблем, серед яких варто виділити: відсутність єдиних форматів та стандартів даних про стан навколишнього природного середовища, несумісність і дублювання інформації внаслідок її накопичення або на паперових носіях в одних відомствах, або розміщення в базах даних різних відомств. Ці бази даних за структурою не відповідають вимогам та рекомендаціям Європейської екологічної комісії ООН щодо створення Європейської мережі спостережень та інформації про стан довкілля, а також сучасному стану розвитку геоінформаційних технологій. У свою чергу це призводить до суб'єктивного оцінювання стану довкілля і прийняття неефективних управлінських рішень, не забезпечує ефективного доступу до необхідної інформації як для державних органів, так і для користувачів. Так, суб'єктами системи моніторингу якості атмосферного повітря є Міністерство екології і природних ресурсів, Міністерство охорони здоров'я і Державна гідрометеорологічна служба та відповідні їм спеціально уповноважені центральні органи виконавчої влади [6].

Аналізом міжнародних проектів CORINE, GMES (Copernicus), GEOSS та інших світових інтеграційних заходів у сфері спостереження за довкіллям виявлено такі тенденції в розвитку моніторингу природних комплексів: підвищення значення моніторингу для вирішення соціально-економічних питань; комплексне впровадження цифрових методів збирання екологічних даних; інтегрування різноманітних моніторингових даних в ГІС на основі розвитку інфраструктури геопросторових даних та міжнародних стандартів серії ISO 19100 "Географічна інформація/Геоматика"; застосування результатів ДЗЗ для вирішення завдань моніторингу; використання геоінформаційних і геостатистичних методів для аналізу і моделювання стану природних комплексів; використання мережі Інтернет для розповсюдження екологічних моніторингових знань [5, 7].

Враховуючи, що організація системи моніто-

рингу ґрунтується на засадах узгодження нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, систематичного спостереження за станом використання території та окремих земельних ділянок, комплексного оброблення та використання одержаної інформації, оперативного доведення відповідної інформації до органів державної влади та органів місцевого самоврядування, корпоративного використання інформаційних ресурсів та комунікаційних систем, автором запропоновано використання геоінформаційних систем, моделей та методів для підвищення ефективності функціонування завдяки уніфікації різноманітних даних та їх інтеграції.

Існуючу мережу моніторингу компонентів природних комплексів (атмосферного повітря, поверхневих вод і ґрунтів) у нашому дослідженні проаналізовано з використанням базового набору картографічних даних засобами геоінформаційного аналізу просторових розподілів (аналіз квадратів, кластерний аналіз, оверлейний аналіз) та апарату математичної статистики у відповідності до діючих державних стандартів у сфері моніторингу довкілля та критеріїв, розроблених на їх основі: рівномірності розміщення об'єктів мереж спостереження за природними комплексами по території області дослідження, ступеня охоплення наявними об'єктами мереж моніторингу природних комплексів фізико-географічних областей/районів, річок різних рангів та у відповідному водному басейні, агроґрунтових зон/провінцій [4, 8, 9].

Для забезпечення ефективного функціонування системи моніторингу природних комплексів пропонується авторська методика визначення просторового розподілу об'єктів моніторингу: рівномірного, випадкового та кластерного. Для аналізу окремих компонентів просторового розподілу об'єктів природних комплексів запропоновано геоінформаційні та статистичні методи. Так, для атмосферного повітря було використано метод нечіткої кластеризації, оверлейний аналіз; поверхневих вод – статистичний метод перевірки рівномірності розподілу (критерій Пірсона), кореляційний аналіз, аналіз квадратів, оверлейний аналіз; ґрунтів – критерій Пірсона, аналіз квадратів та оверлейний аналіз.

Рівномірність точкових розподілів за методом аналізу квадратів [2, 3] визначено на основі співвідношення показників у схожих підобластях або квадратах. Прийнято (для рівномірного розподілу), що в кожному квадраті розташовується приблизно однакова кількість об'єктів, яка дорівнює загальному числу об'єктів, поділеному на кількість квадратів. Середній показник кількості об'єктів мережі моніторингу природних комплексів в одній трапеції, який би відповідав рівномірному розподілу точкових об'єктів в області, визначено за формулою

$$N_R = \frac{N_P}{N_T}, \quad (1)$$

де N_R – середня кількість об'єктів мережі моніторингу природних комплексів, що припадає на одну



трапецію; N_p – загальна кількість об’єктів моніторингу природних комплексів у мережі; N_T – кількість трапецій.

Для перевірки рівномірності розподілу об’єктів мережі моніторингу природних комплексів було використано також стандартний метод перевірки гіпотез – критерій Пірсона або χ^2 -критерій:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N_T} \frac{(n_i - N_R)^2}{N_R}, \quad (2)$$

де n_i – кількість об’єктів мережі моніторингу природних комплексів у трапеції; N_R – середня кількість об’єктів мережі моніторингу природних комплексів у трапеції; N_T – кількість трапецій (мал. 1) [1, 4, 8].

Метод нечіткої кластеризації було застосовано для визначення групування постів спостереження за станом атмосферного повітря Гідрометслужби. Завдання нечіткої кластеризації полягає в необхідності виявлення нечіткого розбиття або нечіткого

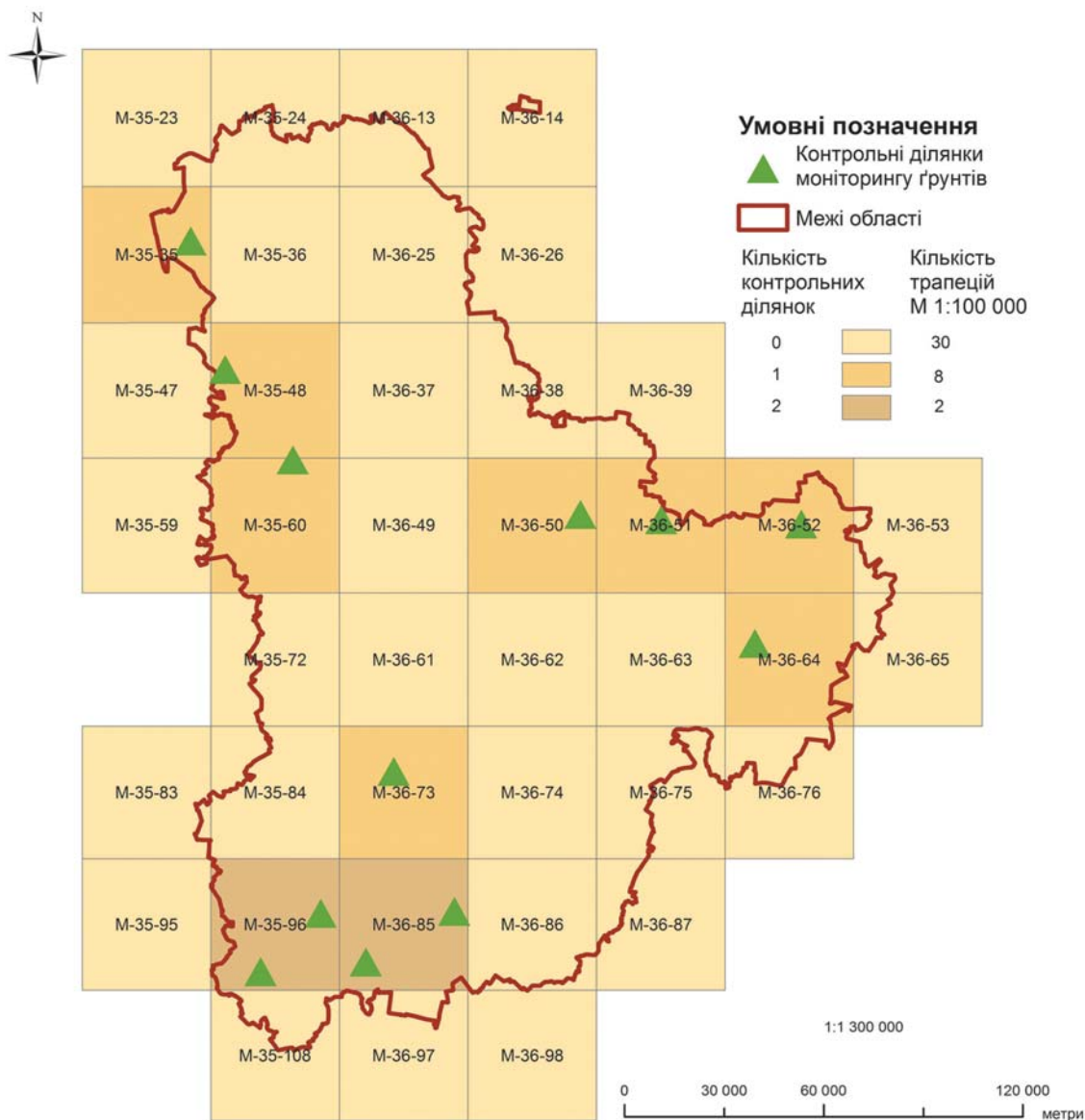
покриття множин елементів сукупності, що досліджується. Воно зводиться до знаходження ступеня належності елементів множини до нечітких кластерів (класів) [9].

Ступінь охоплення пунктами спостереження за поверхневими водами на річках Київської області було визначено в ході дослідження зв’язку між довжиною всіх річок та кількістю пунктів у межах трапеції (мал. 2):

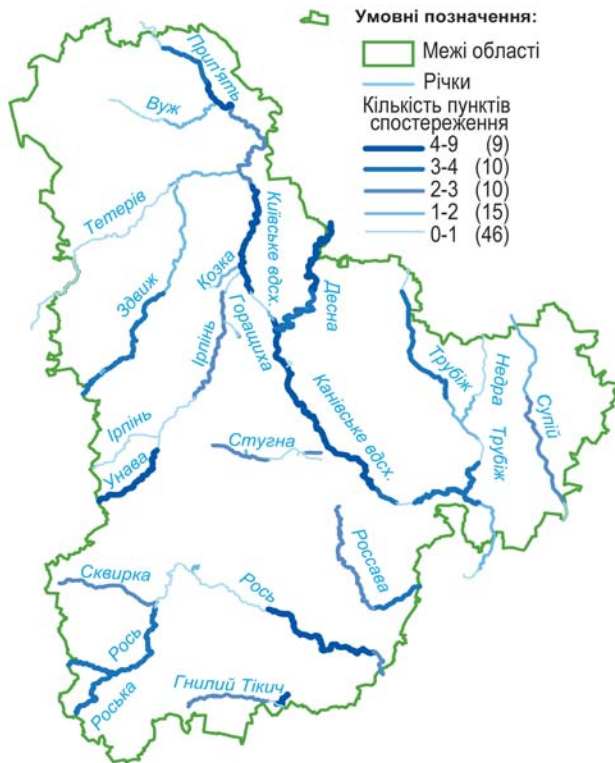
$$r_{k,l} = \frac{Cov(K,L)}{\sigma_k \cdot \sigma_l}, \quad (3)$$

де K та L – середні значення масивів даних (кількість пунктів спостереження та довжини річок відповідно) [4].

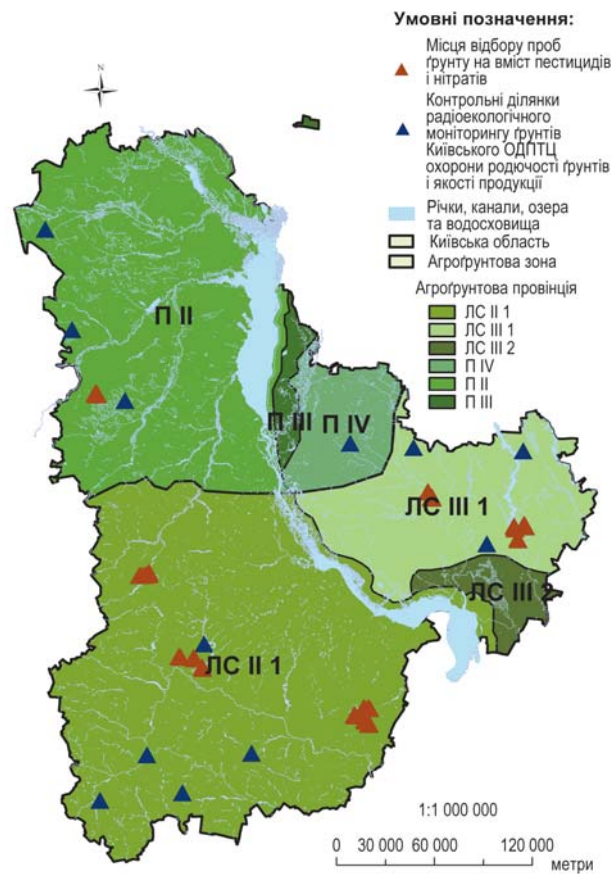
Для визначення ступеня охоплення існуючими об’єктами мереж моніторингу природних комплексів фізико-географічних областей/районів, агро-грунтових зон/провінцій застосовано оверлейний аналіз, а саме тип векторного накладання – точки на полігон (мал. 3, 4).



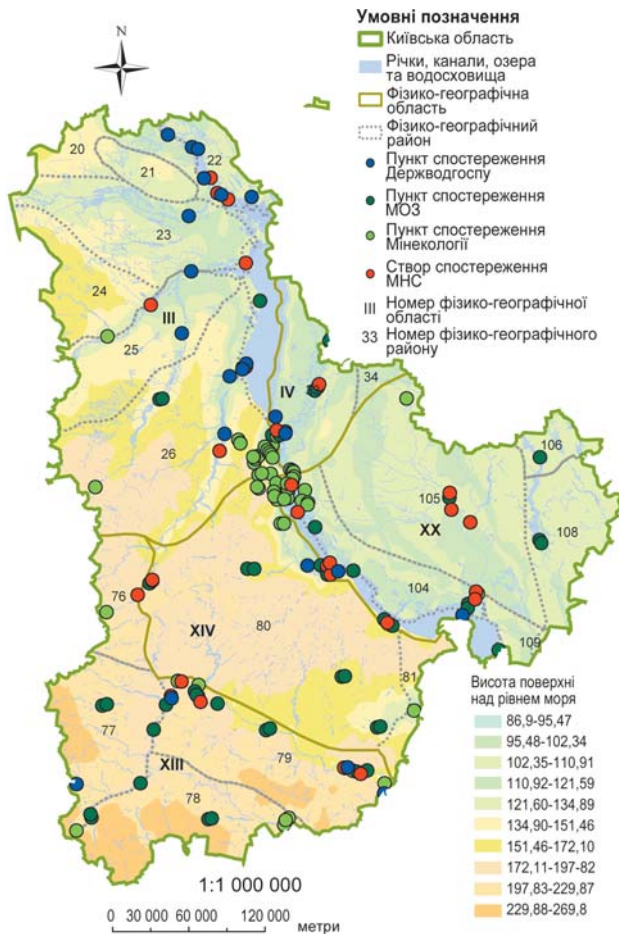
Мал. 1. Просторовий розподіл контрольних ділянок моніторингу ґрунтів по території Київської області



Мал. 2. Розподіл пунктів спостереження за поверхневими водами на річках Київської області



Мал. 4. Розташування об'єктів моніторингу ґрунтів у розрізі агроґрунтових зон Київської області



Мал. 3. Розташування об'єктів моніторингу поверхневих вод у розрізі фізико-географічних зон Київської області (отримано в результаті оверлейного аналізу)

У результаті геоінформаційного аналізу просторових розподілів об'єктів мереж моніторингу природних комплексів було виявлено таке:

- мережа постів спостереження атмосферного повітря нерівномірно розміщена по території Київської області і тяжіє до великих міст. Таке розміщення постів відповідає кластерному розподілу [9];

- великі річки області та їхні притоки достатньо забезпечені пунктами спостереження за поверхневими водами. Загалом розподіл таких пунктів у мережі в басейні Дніпра рівномірний, проте їх недостатньо на малих річках області, які формують значну частку стоку води і наносів [4];

- ступінь охоплення об'єктами мереж моніторингу фізико-географічних областей/районів, річок різних рангів та у відповідному водному басейні, агроґрунтових зон/провінцій недостатній;

- у просторовому відношенні контрольні ділянки моніторингу ґрунтів Київської області розподілені нерівномірно. Моніторинг ґрунтів як система періодичних спостережень за змінами стану ґрунтів на постійних ділянках в області розвинений недостатньо [4, 8, 9].

Висновки з дослідження. Викладено основні аспекти методики геоінформаційного аналізу просторового розподілу об'єктів мереж моніторингу атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунтів, що забезпечують виявлення регулярного, випадкового



та кластерного розподілу. Методи перевірки статистичних гіпотез та методи геоінформаційного аналізу і моделювання є ефективними засобами оцінювання просторової структури мереж об'єктів і систем спостережень за природними комплексами.

Методи геоінформаційного аналізу просторового розподілу структури мереж об'єктів і систем спостереження за природними комплексами можуть застосовуватися при дослідженні інших компонентів природних комплексів і бути основними для дослідження інших мереж спостереження загальнодержавної системи моніторингу навколишнього природного середовища для підвищення рівнів планування їх розташування та управління.

Література

1. *Войтенко, С.П.* Математична обробка геодезичних вимірів. Теорія похибок вимірів: навчальний посібник / С.П. Войтенко. – К.: КНУБА, 2003. – 216 с.
2. *ДеМерс, М.* Географические информационные системы. Основы; пер. с англ. / М. деМерс. – М.: Дата+, 1999. – 490 с.
3. *Карпінський, Ю.О.* Державна геодезична мережа України 1 класу: геоінформаційний аналіз квадратів / Ю.О. Карпінський, Ю.А. Стопхай // Вісн. геодез. та

картогр. – 2010. – № 1. – С. 24-29.

4. *Карпінський, Ю.О.* Геоінформаційний аналіз просторового розподілу пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод / Ю.О. Карпінський, Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Вісн. геодез. та картогр. – 2012. – № 5. – С. 43-50.

5. *Лазоренко, Н.Ю.* Стан, зміст і тенденції розвитку міжнародних проектів моніторингу природних комплексів / Н.Ю. Лазоренко // Вісн. геодез. та картогр. – 2010. – № 4. – С. 24-28.

6. *Лазоренко, Н.Ю.* Аналіз стану організації системи моніторингу навколишнього природного середовища в Україні / Н.Ю. Лазоренко // Інж. геодез. – 2010. – Вип. 56. – С. 187-194.

7. *Лазоренко-Гевель, Н.Ю.* Геоінформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів / Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Містобудування і територіальне планування. – 2012. – Вип. 44. – С. 291-299.

8. *Лазоренко-Гевель, Н.Ю.* Геоінформаційний аналіз структури мережі агроекологічного моніторингу ґрунтів / Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Містобудування і територіальне планування. – 2012. – Вип. 46. – С. 323-336.

9. *Лазоренко-Гевель, Н.* Перевірка структури мережі постів моніторингу атмосферного повітря засобами геоінформаційного аналізу / Н. Лазоренко-Гевель // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. – Л.: Вид-во Львівської політехніки, 2013. – Вип. I. – С. 104-109.

Надійшла 07.07.14

* * *

УДК 528.94:631.458/.459

І. М. Шквир

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ДЕГРАДАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Описываются подходы к решению вопросов применения геоинформационных моделей для оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения. В частности, характеризуются модели, с помощью которых можно определить степень эрозийной опасности на территории, проанализировать использование территорий, относящихся к определенным эколого-технологическим группам, определить нарушения использования земель в пределах прибрежно-защитных полос водоемов.

The article deals with application of GIS models to assess the condition of agricultural lands. In particular, models are characterized by means of which it is possible to define the degree of soil erosional risk, analyze the use of land areas belonging to the specific eco-technological groups; identify violations of land use within the coastal shelterbelts of reservoirs.

Вступ. За останні 10 років розроблено низку концепцій для забезпечення моніторингу земель сільськогосподарського призначення. Ними передбачено вирішення таких питань: розроблення методів і моделей геоінформаційного забезпечення, моделювання, аналіз геопросторових даних тощо. Але питання автоматизації процесів моделювання майже не досліджене.

Постановка проблеми. Оцінювання стану зе-

мель – процес, який включає кілька етапів: створення банку даних; накопичення інформації за певним переліком показників; аналіз і оброблення інформації про стан земель сільськогосподарського призначення; порівняння фактичних параметрів з нормативами; групування земель за якісним їх станом; розроблення заходів реагування, адекватних екологічному стану земель [12].

Проведення робіт, пов'язаних з моделюванням показників стану земель сільськогосподарського призначення на значних територіях, потребує

© *І. М. Шквир, 2014*