



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*

вирішення питань щодо їх автоматизації. Оскільки у державних структурах ще не налагоджено систему централізованого адміністрування геопросторової інформації, практики стикаються з такими проблемами:

- наявність розрізаних (неуніфікованих) геопросторових даних;
- відсутність повної та достовірної інформації про локалізацію геоданих;
- дублювання робіт з вироблення геопросторових даних;
- великі затрати часу на інтегрування даних з різних джерел;
- низький ступінь автоматизації розрахункових та аналітичних операцій, а також процедур завантаження, створення, використання та адміністрування геопросторових даних.

Такий стан речей негативно позначається на якості результатів робіт, а саме виконання цих робіт потребує необґрунтовано великих затрат часу та зусиль.

Аналіз попередніх досліджень. Вагомий внесок у дослідження питання стану земель сільськогосподарського призначення зробили фахівці Інституту ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського: С. Ю. Булігін, В. В. Медведєв, Г. Я. Чесняков та ін. Вони розробили й обґрунтували структуру моніторингу, нормативи та шкали для оцінювання стану земель.

Питання моделювання явища використання земель сільськогосподарського призначення досліджували вітчизняні та закордонні вчені, серед яких можна виділити праці О. А. Лагоднюка, Р. С. Німковича, М. О. Попова, О. М. Швеця [2, 7, 8, 13, 14, 18]. Але переважна більшість цих праць має теоретичний зміст.

У працях С. В. Булакевича, О. Ю. Мельничука, П. Г. Черняги висвітлюються проблеми практичного застосування геоінформаційного моделювання в проєктах землеустрою [1, 5].

У праці Н. Ю. Лазоренко-Гевель [4] досліджено моделі даних моніторингу природних комплексів, питання ГІС-аналізу та моделювання.

Мета статті – теоретично обґрунтувати і розробити геоінформаційні моделі для аналізування стану використання земель сільськогосподарського призначення. Основними завданнями процесів вирішення поставленої мети визначено:

- розроблення та опис структури бази геопросторових даних (БГД) для оцінювання стану деградації земель;
- забезпечення підтримки прийняття рішень щодо раціонального використання земель сільськогосподарського призначення завдяки застосуванню власних геоінформаційних моделей.

Виклад основного матеріалу. Земля є базою для розвитку всіх галузей господарства країни, а найкращі землі мають використовуватися для сільськогосподарських потреб. Інтенсивне і екстенсивне використання земельних ресурсів породжує негативні явища, а саме деградацію ґрунтів.

У ХХ ст. науковці сполошилися, що великі території безповоротно втрачені для сільськогосподарства через забруднення, опустелення, фізичне руйнування ґрунтів та їх виснаження [15-17].

У 1970-х роках створюються перші геоінформаційні системи для потреб дослідження ґрунтового покриву. Вивчивши їх призначення, можемо виділити коло основних користувачів та завдань, які повинна вирішувати спеціальна геоінформаційна система (мал. 1).

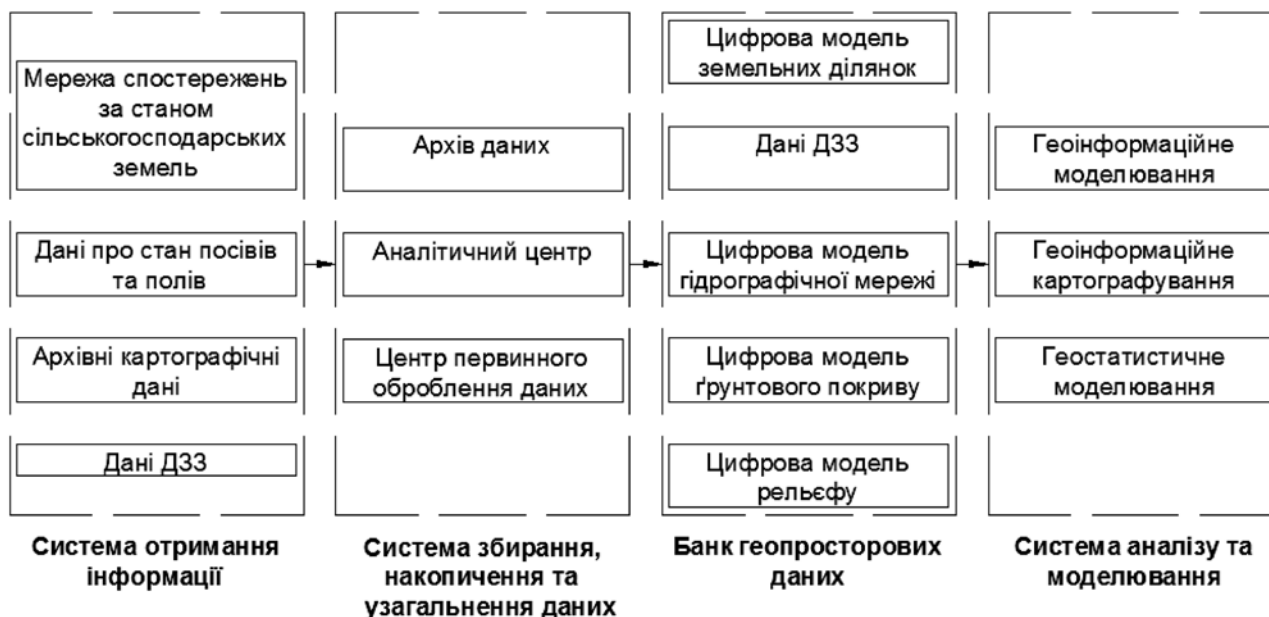


Мал. 1. Класифікація видів завдань та користувачів ГІС при спостереженнях за ґрунтами



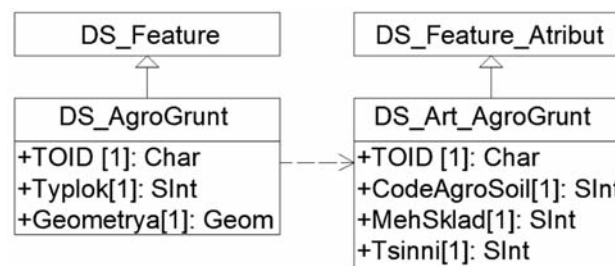
Після визначення акторів і основних завдань було розроблено концептуальну схему структури ГІС для захисту сільськогосподарських земель від деградації. Вона являє собою блоки узагальнених рівнів взаємодії компонентів та потоків інформації (мал. 2).

ристанням нотацій універсальної мови моделювання UML 1.3. Модель складається з одинадцяти класів, які пов'язані між собою асоціативними зв'язками. Винятком є абстрактні класи KatZem, TupUgid, VudVlasnuka, PidVudVlasnuka, які узагальнюють класи CV, Ugidda, TupVlasnosti.



Мал. 2. Концептуальна модель структури геоінформаційної системи захисту ґрунтів від небезпек

Для опису абстрактних моделей реального світу, їх однозначної інтерпретації, поширення та використання геопросторових даних фахівці НДІ геодезії і картографії (Київ) розробили стандарт СОУ 742-33739540 00112010 "Комплекс стандартів. База топографічних даних. Каталог об'єктів і атрибутів", зміст якого відповідає вимогам ISO 19110:2005 Geographic information – Methodology for feature cataloguing (ISO 19110:2005 Географічна інформація – методологія для каталогізації об'єктів). З урахуванням цих стандартів опишемо типи об'єктів, що застосовуються в БГД (табл. 1-3; мал. 3-5).



Мал. 3. UML-діаграма подання просторових властивостей та атрибутів об'єктів типу "Агровиробничі групи ґрунтів"

Таблиця 1. Ідентифікаційні дані для опису об'єктів типу "Агровиробничі групи ґрунтів"

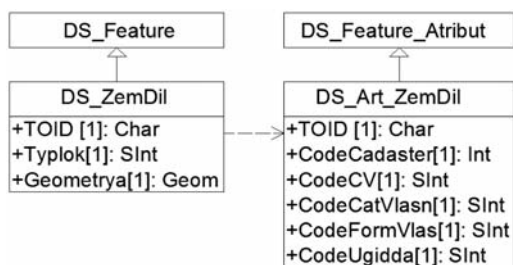
Назва типу	Агровиробничі групи ґрунтів
Ідентифікатор типу	AgroGrunt
Код типу	11 100 000
Визначення	Це об'єднання окремих контурів видів та різновидностей ґрунтів у більші групи (масиви) з близькими агрохімічними властивостями і рівнем родючості

Таблиця 2. Ідентифікаційні дані для опису об'єктів типу "Земельні ділянки"

Назва типу	Земельні ділянки
Ідентифікатор типу	ZemDil
Код типу	11 200 000
Визначення	Це частина земної поверхні з установленими межами, певним місцем розташування та визначеними щодо неї правами

Після підготовки концептуальної моделі, створення каталогів об'єктів та атрибутів, визначення основ просторових відношень було розроблено інфологічну модель БГД (Мал. 6). Її описано методом об'єктно-орієнтованого моделювання з вико-

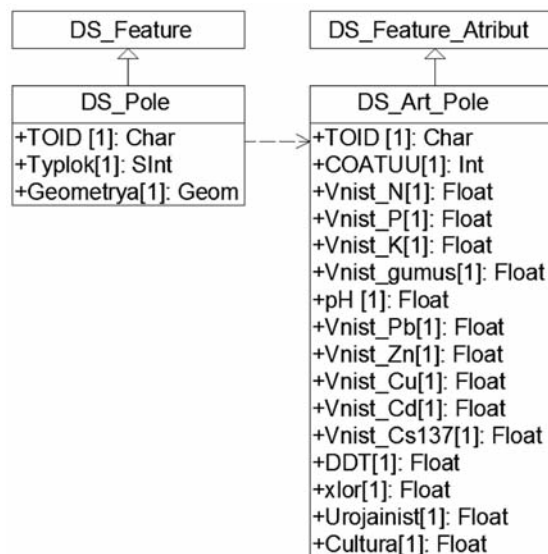
Реалізацію БГД здійснено в середовищі програмного засобу ArcGIS 10.2. Досліджувана територія – це частина земель виробничого підрозділу "Великоснітинське науково-дослідне господарство ім. А. В. Музиченко" Національного університету біоресурсів і природокористування України у Фастівському



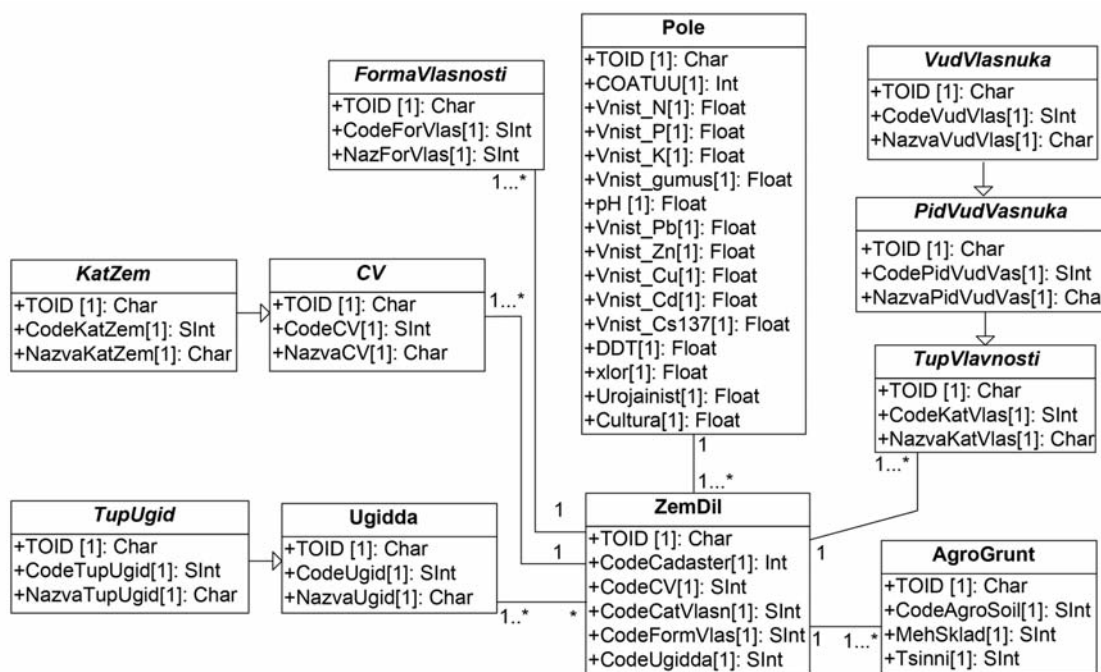
Мал. 4. UML- діаграма подання просторових властивостей та атрибутів об'єктів типу "Земельні ділянки"

Таблиця 3. Ідентифікаційні дані для опису об'єктів типу "Поля сівозмін"

Назва типу	Поля сівозмін
Ідентифікатор типу	Pole
Код типу	11 300 000
Визначення	Поля, на яких здійснюється науково обґрунтоване чергування вирощування сільськогосподарських культур і парів у часі



Мал. 5. UML-діаграма подання просторових властивостей та атрибутів об'єктів типу "Поля сівозмін"



Мал. 6. Діаграма класів БГД для виявлення деградованих та малопродуктивних земель

районі Київської області. Джерелами даних вхідної інформації для системи слугували: картограма агропромислових груп ґрунтів, дані Публічної кадастрової карти України, супутникові знімки високого просторового розрізнення WorldView-2 за 2011 р., форма статистичної звітності 6-зем та середньозважені показники якості ґрунтів (VII тур обстежень).

При побудові візуалізованих моделей процесів геооброблення використано інструменти Model Builder, що входить до складу середовища програмного засобу ArcGIS Desktop, який забезпечує можливість комплексного аналізу геопросторових даних. Використання цього додатка дозволило достатньо швидко

здійснювати аналіз даних БГД.

Model Builder допоміг створити три геоінформаційні моделі, використані для автоматизації процесів аналізування стану використання земель сільськогосподарського призначення.

Модель № 1. Визначення ступеня ерозійності території – одна з основних стратегій попередження кризових ситуацій. Цей показник характеризується такими станами: нормальний, задовільний, передкризовий, кризовий та катастрофічний.

Створена з використанням Model Builder модель являє собою схему послідовності геоінформаційних операцій. Вона дозволяє визначити клас еродованої території (мал. 7).



Мал. 7. Функціональна блок-схема визначення ступеня ерозійної небезпеки території

Використавши критерії ННЦ "Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського" [10] (табл. 4), ми побудували модель, що складається з чотирьох гілок, які характеризують окремо бальність ерозійності території. За сумою балів і було встановлено клас ерозійної небезпеки (мал. 8).

У процесі оброблення даних на досліджувану територію визначено бальність ерозійної небезпеки, що ґрунтується на кількісній та якісній оцінці ґрунтового покриву та складу угідь. Територія з розряду ерозійної небезпеки "Велика", що пояснюється високою часткою ріллі в структурі угідь.



Мал. 8. Визначення класу ерозійної небезпеки досліджуваної території (числами позначено бали)

Щоб уникнути роздрібненості полігонів зображення генералізують. На отриманому зображенні території II та III класів ЕТГ перевіряються для того, щоб виявити порушення їх використання (мал. 9) [9].



Мал. 9. Функціональна блок-схема визначення ЕТГ

Таблиця 4. Нормативи для оцінювання ерозійної небезпеки

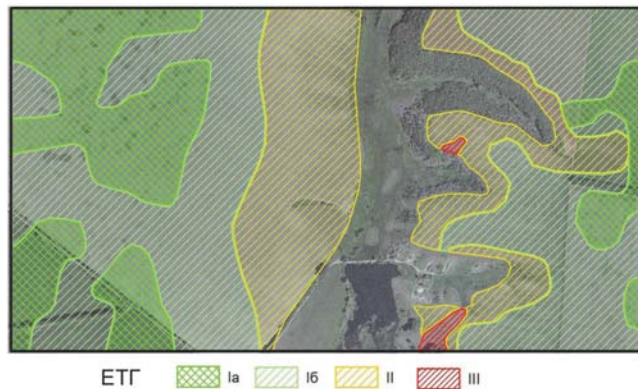
Показник	Клас ерозійної небезпеки				
	небезпеки немає	слабка небезпека	середня небезпека	велика небезпека	катастрофічна небезпека
Розораність території, %	≤ 40	40-45	45-50	50-60	> 60
Коефіцієнт, що характеризує співвідношення площі ріллі до площі стабілізуювальних угідь	≤ 1	1-1,3	1,3-1,7	1,7-3,0	> 3
Еродованість земель, зайнятих під рілля, %	≤ 20	21-30	31-40	41-50	> 50
Розораність земель на схилах понад 2°, %	≤ 20	21-30	31-40	41-50	> 50
Рівень ерозійної небезпеки, бали	4	5-8	9-12	13-16	17-20

Модель № 2. Аналіз використання територій, які належать до II і III еколого-технологічних груп (ЕТГ). При вирішенні задач моделювання поверхні вхідними даними є: характеристики рельєфу, меж полів та агровиробничих груп ґрунтів. У ході робіт модель формує поверхню крутизни схилів, що в подальшому об'єднується з класом агровиробничих груп ґрунтів для утворення поверхні ЕТГ, яка відповідає визначеним параметрам (табл. 5).

Таблиця 5. Показники для визначення ЕТГ (за [12])

Клас ЕТГ	Крутизна схилу, градуси	Стан ґрунтів
Ia	до 1°	
Iб	від 1° до 3°	слабозмиті ґрунти
II	від 3° до 5°	слабо- та середньозмиті ґрунти
III	понад 5°	середньо- та сильнозмиті ґрунти, низькопродуктивні ґрунти

Результати роботи оформлено у вигляді геозображення локалізації класів ЕТГ (мал. 10). На ньому виділено дві ділянки, віднесені до третьої ЕТГ. Їх необхідно вилучити з інтенсивного обробітку для запобігання виникненню ерозійних явищ та деградації земель.



Мал. 10. Геозображення ЕТГ території дослідження

Модель № 3. Виявлення порушень використання земель сільськогосподарського призначення в межах прибережно-захисних смуг. Уздовж річок, ставків, озер та інших водойм з метою їх охорони та забезпечення нормального функціонування їй відповідно до статті 60 Земельного кодексу України має бути встановлена прибережно-захисна смуга.

Пропонується модель, за якою можна встановити межі прибережно-захисних смуг відповідно до типу водного об'єкта і виділити території, що використовуються з порушеннями. Особливістю виділення цих територій є те, що при крутизні схилу понад 3° мінімальна ширина прибережної захисної смуги збільшується вдвічі. Розроблено модель, яка дає змогу виділити такі території та подвоїти ширину прибережно-захисної смуги (мал. 11).



Мал. 11. Функціональна блок-схема для виявлення та аналізу порушень режиму використання земель у межах прибережно-захисної смуги

Результатом дії моделі є визначення класу прибережно-захисної смуги та класу території, де виявлено порушення використання земель сільськогосподарського призначення. За допомогою моделі виявлено території, зайняті під рілля у прибережно-захисній смузі (мал. 12), хоча це статтею 61, пункт 2 Земельного кодексу України заборонено.



Мал. 12. Виявлені порушення використання земель у межах прибережно-захисної смуги

Висновки та перспективи досліджень. Розроблено і описано БГД для аналізування стану деградації ґрунтів. Її реалізовано в середовищі програмного засобу ArcGIS 10.2. Розроблено та апробовано три геоінформаційні моделі, які дали змогу визначити ступінь безпечного використання земельних ресурсів.

Перевага використання геоінформаційних моделей у тому, що вони дозволяють забезпечити швидкий і зручний доступ до інформації та її оброблення. А сучасні технології геоінформаційного моделювання дають змогу автоматизувати процес оброблення та використовувати цей алгоритм при роботі з даними на іншій території.

Подібні моделі можна створити і для вирішення інших завдань землеустрою. Перспективним видається розроблення схеми просторової організації території для проведення ґрунтозахисних заходів.

Література

1. Булакевич, С.В. Геоінформаційне моделювання природно-ландшафтних елементів сільськогосподарських угідь в проектах землеустрою / С.В. Булакевич, П.Г. Черняга // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. ЗГТ УТГК. – 2012. – Вип. I. – С. 201-204.
2. Варшанина, Т.П. Интегрированная ГИС региона (на примере Республики Адыгея) / Т.П. Варшанина, О.А. Плисенко. – Москва-Майкоп: Изд. дом "Камертон", 2011. – 397 с.
3. Кохан, С.С. Разработка проектов землеустройства по обоснованию севооборотов с использованием геоинформационного моделирования / С.С. Кохан, И.Н. Шквир, А.А. Москаленко // Вост.-Европ. журн. передов. техн. – 2014. – Вып. 10. – Т. 1. – С. 11-16.



4. *Лазоренко-Гевель, Н.Ю.* Геоінформаційний моніторинг природних комплексів України: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.24.04 / Лазоренко-Гевель Надія Юріївна; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – К., 2013. – 20 с.

5. *Мельничук, О.Ю.* Методологічні основи та моделі системи землеустрою: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.24.04 / Мельничук Олександр Юрійович; М-во освіти і науки, молоді та спорту України; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Л., 2012. – 32 с. – Бібліогр.: 36 назв.

6. *Методика* ведення моніторингу земель, які знаходяться в кризовому стані; Держ. ком. України по зем. ресурсах. – К., 1995. – 86 с.

7. *Міхно, П.Б.* Модель оптимізації використання рекультивованих земель / П.Б. Міхно, Я.В. Хлян // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. ЗГТ УТГК. – 2011. – Вип. I. – С. 241-245.

8. *Німкович, Р.С.* Системне моделювання просторових елементів при організації території землекористувачів / Р.С. Німкович, П.Г. Черняга // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. ЗГТ УТГК. – 2011. – Вип. I. – С. 224-228.

9. *Організація* та ведення моніторингових робіт на осушуваних землях: методичні вказівки; Ін-т гідротехн. та меліорації. – К., 1995. – 46 с.

10. *Розробка* наукових основ моніторингу земель і методів його ведення. Етап "Створення нормативно-технічної бази моніторингу земель": звіт по НДР 1/94 1994: Наук.-вир. центр по сільськогосп. технол. та агроекології; кер. В.В. Медведєв; викон.: С.Ю. Булигін [та ін.]. – Х., 1994. – 50 с.

11. *Розробка* наукових основ моніторингу земель і методів його ведення. Розробка науково-методичних основ районування і картографування стану земельних ресурсів за показниками моніторингу земель. Розробка критеріїв оцінки стану земельного фонду, нормативи

кризових ситуацій, параметри стійкості земельних ресурсів: звед. звіт по НДР 1/94 1995; Наук.-вир. центр по сільськогосп. технол. та агроекології; кер. В.В. Медведєв; викон.: С.Ю. Булигін [та ін.]. – Х., 1995. – 95 с.

12. *Тараріко, О.Г.* Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії / О.Г. Тараріко, В.М. Москаленко. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 60 с.

13. *Хомоненко, А.Д.* Базы данных: учеб. для высш. уч. завед. / А.Д. Хомоненко, В.М. Цыганков, М.Г. Мальцев; под ред. проф. А.Д. Хомоненко. – 5-е изд., доп. – М.: Бином-Прес; СПб.: КОРОНА-принт, 2006. – 736 с.

14. *Швець, О.М.* Модель землеустрою на сільськогосподарських землях з ерозійно небезпечними ґрунтами / О.М. Швець // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. ЗГТ УТГК. – 2012. – Вип. I. – С. 294-297.

15. *Ustin, S.L.* Remote Sensing Based Assessment of Biophysical Indicators for Land Degradation and Desertification / S.L. Ustin, S. Jacquemoud, A. Palacios-Orueta [et al.] // Recent Advances in Remote Sensing and Geoinformation Processing for Land Degradation Assessment. – 2009. – № 1. – С. 15-44.

Інтернет-джерела

16. *Екологічні* проблеми Житомирської області [Електрон. ресурс]. – Реж. доступу: URL: <http://weareukrainians.com/ukraine-and-the-world/ekologichni-problemi-zhitomirskoyi-oblasti>. – Назва з екрана.

17. *Опустелювання* загрожує 5 областям України [Електрон. ресурс]. – Реж. доступу: URL: <http://www.radiosvoboda.org/content/article/1756063.html>. – Назва з екрана.

18. *ArcGIS* resources [Електрон. ресурс] /ESRI. – Реж. доступу: <http://resources.arcgis.com>. – Загл. с екрана.

Надійшла 10.07.14