

УДК528.001 + 681.518

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ АДМІНІСТРАТИВНИХ ТЕРИТОРІЙ

**І. М. Шелковська**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: gzk@kdu.edu.ua

Обґрунтовано нагальність підвищення рівня застосування геоінформаційних методів і технологій для планування та управління системою моніторингу земель. Розглянуто питання розроблення структурно-функціональної моделі ГІС моніторингу земель адміністративних територій. Визначено склад інформаційних ресурсів дослідної ГІС моніторингу території сільської ради, що складаються з цифрових, растрових даних, даних дистанційного зондування Землі та баз геопросторових даних. Відзначено, що в процесі моніторингу земель необхідно переходити від картографічної до високоінтелектуальної геоінформаційної продукції. Аналіз її використання дозволяє отримати значні переваги, які знайшли своє відображення в скороченні термінів виконання робіт та в більш раціональному використанні земель адміністративних територій. Реалізація та взаємодія усіх задач ґрунтується на створенні інтегрованого банку геопросторових даних ГІС моніторингу земель.

**Ключові слова:** база даних, моніторинг, цифрова модель.

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**И. Н. Шелковская**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: gzk@kdu.edu.ua

Обоснована актуальность повышения уровня применения геоинформационных методов и технологий для планирования и управления системой мониторинга земель. Рассмотрены вопросы создания структурно-функциональной модели ГИС мониторинга земель административных территорий. Определено состав информационных ресурсов исследовательской ГИС мониторинга территории сельского совета, состоящие из цифровых, растровых данных, данных дистанционного зондирования Земли и баз геопространственных данных. Отмечается необходимость перехода в процессе мониторинга земель от картографической к высокоинтеллектуальной геоинформационной продукции. Анализ ее использования позволяет получить значительные преимущества, которые нашли свое отображение в сокращении сроков выполнения работ и в более рациональном использовании земель административных территорий. Реализация и взаимодействие всех задач основывается на создании интегрированного банка геопространственных данных ГИС мониторинга земель.

**Ключевые слова:** база данных, мониторинг, цифровая модель.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Моніторинг земель належить до найважливіших видів моніторингу навколишнього природного середовища.

Система моніторингу земель тісно пов'язана з веденням державного земельного кадастру, з розробленням містобудівної та землевпорядної документації, встановленням обмежень на використання земельних ділянок, проведенням грошової оцінки земель. На кожному рівні адміністративного устрою, у тому числі на території сільської ради, передбачається: моніторинг сільськогосподарських земель; моніторинг земель населених пунктів; моніторинг земель промисловості, транспорту, оборони тощо; моніторинг земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного і історико-культурного призначення; моніторинг земель лісового фонду; моніторинг земель водного фонду; моніторинг земель запасу.

В умовах дефіциту наземних спостережень в процесі моніторингу земель, які наразі мають сталу тенденцію до скорочення в умовах браку коштів, особливу роль в одержанні нових даних відіграють методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), використання польових і картографічних матеріалів минулих років та сучасних геоінформаційних систем як середовища й новітньої технології просторово-часового інтегрування й спільного використання даних з різних джерел.

Перехід від статистичних та картографічних технологій проведення геоінформаційного моніторингу

земель територіальних утворень до цифрових й геоінформаційних вимагає розроблення відповідних інформаційних моделей, баз геопросторових даних і методів геоінформаційного моделювання оцінювання стану землекористування, що й обумовлює актуальність пропонованої роботи.

Останнім часом опубліковано низку статей, в яких розглянуті питання застосування геостатистичних методів у задачах моніторингу природних комплексів [1, 2], особливості та тенденції геодезичного моніторингу земель [3]. З огляду на вище викладене, актуальним питанням є розроблення структурно-функціональної моделі моніторингу земель адміністративних територій, у якій значну роль відіграватимуть саме дані про об'єкти територіального утворення, їх властивості та відношення.

У зв'язку з цим, метою роботи є вирішення науково-прикладного завдання підвищення ефективності функціонування системи ведення моніторингу земель для забезпечення сталого розвитку адміністративних територій засобами геоінформаційних систем шляхом розроблення структурно-функціональної моделі дослідної ГІС моніторингу земель окремої сільської ради.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** В останнє десятиліття досить широко вживається термін геоінформаційний моніторинг, який згідно з узагальненою класифікацією систем моніторингу (рис. 1) пропонується віднести до типологічної групи "За технологіями та методами".



Рисунок 1 – Узагальнена класифікація систем моніторингу об'єктів природного середовища

За аналогією із визначенням поняття геоінформаційне картографування – технологія і система складання й використання карт із застосуванням баз геопросторових даних і баз картографічних знань в середовищі ГІС [4], пропонується таке визначення терміну геоінформаційний моніторинг – технологія та система проведення моніторингу на основі інтегрування даних з різних джерел, моделювання, оцінювання та прогнозування стану об'єктів моніторингу в середовищі геоінформаційних систем із застосуванням баз геопросторових даних і знань.

Завдання застосування геоінформаційної системи моніторингу земель можна класифікувати за критерієм основного функціонального призначення так: збирання первинних даних про земельні ресурси сільської ради, про землекористування, про якість ґрунтів, просторове інтегрування та узагальнення інформації, оброблення та приведення даних до єдиних форматів, накопичення моніторингових даних, створення і ведення банку геопросторових даних, моніторинг, аналіз, моделювання, прогнозування, формування і виведення звітів геообразень та системи прийняття рішень.

Великі обсяги геоінформаційних ресурсів, які створюються, накопичуються та спільно використовуються в процесі моніторингу земель адміністративних територій, підготовки проектних та управлінських рішень, спрямованих на раціональне використання земель, обумовили вибір у дослідженні об'єктно-реляційної системи керування базами даних (СКБД) з просторовим розширенням PostgreSQL/PostGIS та інструментальної ГІС MapInfo для дослідної ГІС моніторингу земель Пронозівської сільської ради Глобинського району Полтавської області.

Структурно-функціональна модель відображає процес моніторингу земель у вигляді послідовності взаємозв'язаних функцій (від збору даних до керування) та необхідних для їх підтримки об'єктів таких, як файл серверу аерофото- і космічних знімків, каталог метаданих матеріалів ДЗЗ, системи оброблення та класифікації даних ДЗЗ MultiSpec і ERDAS IMAGINE, підсистеми формування і документування тематичних карт.

Інтегрування інформації спостереження земельних ресурсів ґрунтується на використанні єдиної для

всіх моделей системи координат та єдиного базового набору геопросторових даних. Процеси інтегрування реалізуються за допомогою каталогів і баз метаданих, які супроводжують кожен топографічний і екологічний об'єкт адміністративної території [5].

Характерною особливістю розробленої функціональної моделі є інформаційні ресурси, які складаються з цифрових, растрових даних, даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та баз геопросторових даних моніторингу земель адміністративних територій в цілому і бази геопросторових даних моніторингу території Пронозівської сільської ради.

До бази геопросторових даних моніторингу земель адміністративних територій входять бази даних (БД): нормативних даних та обмежень, зонування території, цільових об'єктів охорони, нормативів для встановлення водоохоронних зон (ВЗ) та прибережно-захисних смуг (ПЗС) (рис. 2).

Базу нормативних даних та обмежень складають закони України та постанови Кабінету Міністрів України в галузі моніторингу природного середовища; міжнародні стандарти серії ISO 19100 "Географічна інформація / Геоматика", методики та керівні матеріали, регламенти діяльності, обмеження щодо землекористування.

До баз даних зонування адміністративних територій входять: зонування земель за їх категоріями; зони типів та підтипів землекористування у межах населених пунктів і за межами населених пунктів (сільськогосподарського, житлового, громадсько-комерційного типів, рекреаційного, оздоровчого, заповідного, історико-культурного, промислового, лісгосподарського, водогосподарського типів, типів інженерної та транспортної інфраструктури та спеціального призначення); зони земель, щодо яких застосовуються обмеження у використанні; зони прямого впливу водних об'єктів (постійного затоплення; періодичного, епізодичного часового затоплення; підвищення рівня ґрунтових вод (підтоплення); зона земель для розміщення відходів; зони для відвалів ґрунту і добування корисних копалин місцевого значення.

Наприклад, геоінформаційні моделі об'єктів моніторингу земель водного фонду можна подати такими основними реляційними відношеннями (рис. 3):



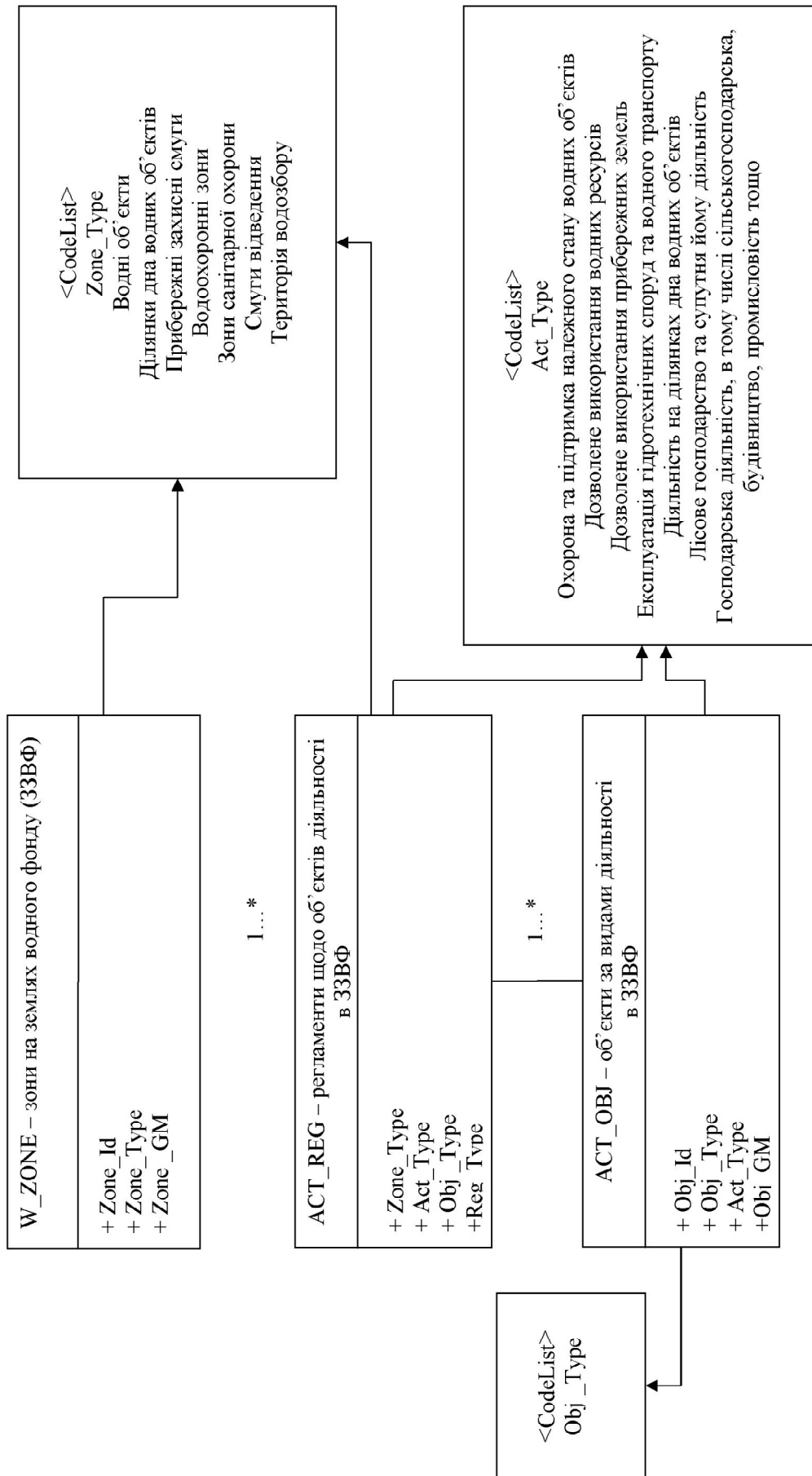


Рисунок 3 – UML-діаграма основних відношень для формалізованого подання регламентованої діяльності на землях водного фонду

а)  $W\_ZONE$  основне відношення “зони на землях водного фонду (ЗЗВФ)”:

$W\_ZONE: \{ \#Zone\_Id, \#Zone\_Type, Zone\_GM \},$

де  $\#Zone\_Id$  – унікальний ідентифікатор ЗЗВФ;  $\#Zone\_Type$  – класифікаційний код типу ЗЗВФ;  $Zone\_GM$  – цифрова модель, що описує геометричні властивості просторового поширення (локалізації) зони, тобто її внутрішні та зовнішні межі;

б)  $ACT\_OBJ$  основне відношення “об’єкти за видами діяльності в ЗЗВФ”:

$ACT\_OBJ \{ \#Obj\_Id, \#Obj\_Type, \#Act\_Type, Obj\_GM \},$

де  $\#Obj\_Id$  – унікальний ідентифікатор об’єкта діяльності в ЗЗВФ;  $\#Obj\_Type$  – класифікаційний код типу об’єкта діяльності;  $\#Act\_Type$  – класифікаційний код типу діяльності в ЗЗВФ;  $Obj\_GM$  – цифрова модель, що описує геометричні властивості просторової локалізації об’єкта діяльності;

в)  $ACT\_REG$  основне відношення “регламенти діяльності в ЗЗВФ”:

$ACT\_REG \{ \#Act\_Type, \#Obj\_Type, Reg\_Type \},$

де  $\#Act\_Type$  – класифікаційний код типу діяльності в ЗЗВФ;  $\#Zone\_Type$  – класифікаційний код типу ЗЗВФ;  $\#Obj\_Type$  – класифікаційний код типу об’єкта діяльності;  $Reg\_Type$  – формалізований опис змісту та параметрів ЗЗВФ.

Серед нормативів для встановлення ВЗ та ПЗС можна виділити: ширину смуги від середньомежового рівня води до межі можливого затоплення, що повторюються один раз на 100 років, ширину ВЗ від межі можливого затоплення до зовнішньої межі ВЗ, коефіцієнти переходу від листяного лісу до інших його видів, коефіцієнти переходу супіщаних до інших за механічним складом ґрунтів, коефіцієнти переходу від північної експозиції до інших.

До БД цільових об’єктів моніторингу входять: об’єкти природних комплексів, які відрізняються групами і типами та мають відповідну геометрію; об’єкти мережі спостережень; суб’єкти контролю, до яких належать органи державної влади [1].

База геопросторових даних моніторингу адміністративно-територіальної одиниці складається з БД: ґрунтового покриву, зон землекористувань на землях сільської ради, біоресурсів, берегової лінії водосховища, прогнозу переформування берегу.

Фізико-хімічні властивості ґрунтів (вміст гумусу; механічний склад; рН сольової і водної витяжки; гідролітична кислотність; місткість вбирання; сольовий склад водної витяжки); типи, агропромислові групи та шифри ґрунтів; ґрунтоутворюючі породи; експлікація ґрунтів у розрізі угідь; площа обсліду-

ваних земель; площа особливо цінних сільськогосподарських земель складають БД ґрунтового покриву.

До БД зон землекористувань на землях сільської ради входять: зони земель за їх цільовим призначенням; зони типів землекористування; власне водосховище; прибережні захисні смуги вздовж річок та навколо водосховища; водоохоронні зони; зони санітарної охорони у районах забору води для централізованого водопостачання населення; смуги відведення для потреб експлуатації штучних каналів різного призначення, гідротехнічних споруд та водних шляхів. До БД біоресурсів входять: лісові квартали, лісові виділи, підвиділи, характеристика виділів, лісосмуги.

У складі БД берегової лінії водосховища можна виділити: літологію берегового уступу; висоту бровки схилу над нормальним підпірним рівнем водосховища; ухил берегового уступу; ухили підводної частини обмілини; глибину на зовнішньому краю обмілини; величину переформування берегів.

До БД прогнозу переформування берега входять: вихідні параметри для розрахунків переформування берегів; прогнозна ширина переформування берегів на створах; прогнозні площі втрати земель.

Для дешифрування цифрових аерофото- та космічних знімків необхідно знати характеристики території досліджень. Тому на підготовчому етапі моніторингу земель сільської ради для здійснення ефективного державного управління використанням та охороною земельних ресурсів створюються тематичні цифрові моделі (ЦМ) території.

БД цифрових моделей складається з таких моделей: ЦМ встановлення меж сільських рад та населених пунктів; ідентифікації об’єктів територіального утворення; функціонального зонування території; зон землекористувань; порушень у землекористуванні; зон забруднення; охорони земель; оптимізації структури земель; геологічної будови; геоморфологічного районування; ухилів поверхні рельєфу; ґрунтового покриву територіального утворення; агропромислових груп ґрунтів; лісових кварталів і виділів; заболоченості; рівня ґрунтових вод; водного дзеркала водосховища; зовнішньої межі ПЗС, ВЗ; пунктів спостереження і створів; інтенсивності процесу абразії.

Цифрова модель встановлення меж сільської ради та населених пунктів створюється засобами ГІС з використанням каркасних елементів моделі топокоординатури і цифрових шарів опорного плану території. Модель задається таким об’єктним відношенням:

$MЦСР (H_{ЦСР}, F_{ЦСР}, X_{ЦСР}, Y_{ЦСР}, GRD_{ЦСР}),$

де  $H_{ЦСР}$  – номер точок кутів повороту межі сіль-

ської ради;  $F_{ЦСР}$  – площа сільської ради;  $X_{ЦСР}$ ,  $Y_{ЦСР}$  – координати центрoїду сільської ради;  $GRD_{ЦСР}$  – блок координат вузлів межі сільської ради.

Цифрова модель зон землекористувань створюється засобами ГІС з використанням каркасних елементів моделі топоконтуру та моделі функціонального зонування території. Модель зон землекористувань можна подати таким об'єктом відношеннями:

$$MЦЗЗ (H_{TЗ}, \#кф, F_{TЗ}, X_{ЦTЗ}, Y_{ЦTЗ}, GRD_{TЗ}),$$

де  $H_{TЗ}$  – номер зони типу землекористування;  $\#кф$  – код типу функціонального використання земель сільської ради;  $F_{TЗ}$  – площа зони типу землекористування;  $X_{ЦTЗ}$ ,  $Y_{ЦTЗ}$  – координати центрoїду зони типу землекористування;  $GRD_{TЗ}$  – блок координат вузлів межі зони типу землекористування.

Цифрову картографічну модель геологічної структури території досліджень можна представити за такою схемою:

$$GEOLOG (A_P, N_{BP}, M, V_P, F_P, L_P, GM_P),$$

де  $A_P$  – номер вікового періоду;  $N_{BP}$  – назва вікового періоду;  $M$  – породи, якими представлений геологічний період;  $V_P$  – вік геологічного періоду;  $F_P$  – площа розповсюдження періоду;  $L_P$  – довжина розповсюдження геологічного періоду;  $GM_P$  – блок координат вузлів межі розповсюдження вікового періоду.

Структура цифрової картографічної моделі геологічної структури Пронозівської сільської ради складається з таких шарів, як: гідрологічна мережа, межі геологічних періодів.

Цифрова картографічна модель геоморфологічного районування південної частини Пронозівської сільської ради, яка примикає до Кременчуцького водосховища відображається такою схемою:

$$GEOMOR (A_T, N_T, V_T, F_T, L_T, GM_T),$$

де  $A_T$  – номер надзаплавної тераси;  $N_T$  – назва надзаплавної тераси;  $V_T$  – вік надзаплавної тераси;  $F_T$  – площа розповсюдження надзаплавної тераси;  $L_T$  – довжина берега водосховища розповсюдження надзаплавної тераси;  $GM_T$  – блок координат вузлів межі розповсюдження тераси.

Структура цифрової картографічної моделі геоморфологічного районування території сільської ради представлена такими шарами: гідрологічна мережа, геоморфологічні елементи долини (русло, тераси, корені схили).

Тематична комп'ютерна обробка оперативної та архівної картографічної інформації, їхній спільний аналіз з результатами топографо-геодезичних, гідрогеологічних досліджень дозволяє створити циф-

рову модель генетичних типів берегів водосховища в межах сільської ради, яка відображається схемою:

$$GENET (A_{ГТ}, N_{ГТ}, L_{ГТ}, GM_{ГТ}),$$

де  $A_{ГТ}$  – номер генетичного типу берега;  $N_{ГТ}$  – назва генетичного типу берега;  $L_{ГТ}$  – довжина генетичного типу берега в межах сільської ради;  $GM_{ГТ}$  – блок координат вузлів берегової лінії.

Для кожного виду порушення земельного законодавства створюється цифрова модель порушень регламентів у землекористуванні (рис. 4), яка описується таким відношенням:

$$MЦПЗ (H_{ЗП}, \#кП, S_{ЗП}, N_{ЗЗ}, GRD_{ЗП}),$$

де  $H_{ЗП}$  – номер зони порушення у землекористуванні;  $\#кП$  – код виду порушення;  $S_{ЗП}$  – площа земель з порушенням регламенту діяльності;  $N_{ЗЗ}$  – назва зони землекористування;  $GRD_{ЗП}$  – блок координат вузлів межі зони виду порушення у землекористуванні.

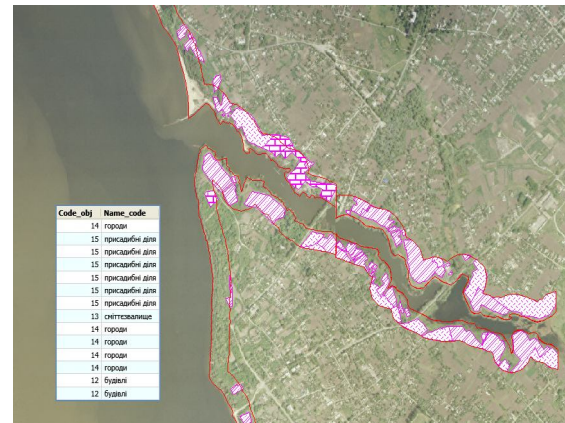


Рисунок 4 – Геоінформаційна модель порушень регламентів у землекористуванні

Стан земель оцінюється в ГІС із застосуванням оверлейного аналізу перекриття зон типів землекористування із зонами порушень регламентів у землекористуванні в межах адміністративно-територіальної одиниці. Результатом аналізу є цифрова модель оцінки стану земель сільської ради, яка відображається схемою відношень такого типу:

$$MЦЗЗ\_MЦПЗ (\#кф, H_{ЗП}, \#кП, F_{TЗ\_ЗЗ}),$$

де  $F_{TЗ\_ЗЗ}$  – частка площі типу землекористування з кодом  $\#кф$  типу функціонального використання земель сільської ради, якою він перекривається з зоною  $H_{ЗП}$  порушення регламенту діяльності  $\#кП$  коду виду порушення.

ВИСНОВКИ. ГІС моніторингу земель адміністративних територій включає такі функції як: забезпечення функціонування єдиної підсистеми збирання та накопичення даних на об'єктах мереж спостереження; забезпечення функціонування підсис-

теми обробки даних; ведення інтегрованого банку геопросторових даних; робота з цифровими картографічними матеріалами; аналіз, моделювання та прогнозування стану земель адміністративних територій засобами ГІС; формування запитів до баз даних, звітів, тематичних карт.

Запропонована в роботі структурно-функціональна модель дозволить забезпечити подальший геоінформаційний аналіз просторового розподілу об'єктів мережі моніторингу земель адміністративно-територіальної одиниці та геостатистичний аналіз результатів спостережень за ними.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Лазоренко-Гевель Н. Ю. Геостатистичне моделювання агроекологічного моніторингу ґрунтів засобами ГІС // Вісник геодезії та картографії. – К.: Укргеодезкартографія, 2013. – № 2 (66). – С. 36–40.

#### STRUCTURAL-FUNCTIONAL MODEL OF GEOINFORMATION LAND MONITORING OF ADMINISTRATIVE TERRITORIES

##### I. Shelkovska

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: gzk@kdu.edu.ua

The significance of improving the application level of GIS methods and techniques in planning and controlling the lands monitoring system are substantiated. The problems of creation of the structural-functional model for GIS land monitoring of administrative territories are considered. It is determined the composition of the research of information resources for GIS monitoring of the village council territory, consisting of digital, raster data, remote sensing data and geospatial databases. The necessity of transformation in the process of land monitoring from cartographical to high intellectual GIS-production is marked. The analysis of its usage enables to obtain considerable advantages that find their reflection in reduction of working fulfilment periods and in more rational use of the administrative territories. Implementation and coordination of all tasks are based on the creation of an integrated bank of the geospatial GIS land monitoring data.

**Key words:** data base, monitoring, digital model.

#### REFERENCES

1. Lazorenko-Gevel, N.Y. (2013) "Geostatistical modeling agro-ecological monitoring of soil by means of GIS", *Transactions of Geodesy and Cartography*, vol. 2, no. 66, pp. 36–40.

2. Wolski, B., Grodecki, M. (2005) «Monitoring of river embankments deformations in flood wave proration conditions», *Reports on Geodesy, Warsaw university jf technology. Institute of geodesy and geodetic astronomy*, vol. 3, no. 74, pp. 254–260.

2. Wolski B. Monitoring of river embankments deformations in flood wave proration conditions // *Reports on Geodesy*. – Warsaw: Warsaw university jf technology. Institute of geodesy and geodetic astronomy, 2005. – № 3 (74). – PP. 254–260.

3. Шелковська І.М. Геодезичний моніторинг прибережних територій водосховищ // *Інженерна геодезія*. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 54. – С. 296–302.

4. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М.: Астрей, 1997. – 64 с.

5. Інфраструктура геопросторових даних: принципи та методика формування базового набору геопросторових даних / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко // *Вісник Криворізького технічного університету*. – 2004. – Вип. 3. – С. 72–77.

coastal areas of reservoirs", *Ingenere heodezy*, vol. 54, pp. 296–302.

4. Berlyant, A.M. (1997) *Geoinformacionnoe kartografirovanie* [GIS mapping], Astrea, Moscow, Russia.

5. Karpinsky Y., Lyashchenko A. (2004) "The infrastructure of geospatial data: principles and methods of forming a base set of geospatial data", *Transactions of Krivoy Rog Technical University*, vol. 3, pp. 72–77.

Стаття надійшла 14.10.2014.

3. Shelkovska, I. (2008) "Geodetic monitoring of