

# ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ГЕОГРАФІЧНОЇ ОСВІТИ І КАРТОГРАФІЇ

Випуск 17

+ диск із матеріалами  
конференції



Харків 2013



ISSN 2075-1893

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний університет  
імені В. Н. Каразіна

**ПРОБЛЕМИ  
БЕЗПЕРЕРВНОЇ ГЕОГРАФІЧНОЇ ОСВІТИ  
І КАРТОГРАФІЇ**

Збірник наукових праць

Заснований у 2000 році

**Випуск 17**

Харків – 2013

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради  
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна  
(протокол № 4 від 01 квітня 2013 р.)*

**Редакційна колегія:**

І.Ю. Левицький, д-р геогр. наук (голова редколегії, ХНУ імені В.Н. Каразіна), О.В. Барладін, канд. техн. наук (ПрАТ «Інститут передових технологій»); О.М. Берлянт, д-р геогр. наук (Канада); О.С. Володченко, д-р географії (Дрезденський технічний університет, Німеччина); Л.М. Даценко, д-р геогр. наук (КНУ імені Т. Шевченка); А.П. Голіков, д-р геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); О.О. Жемеров, канд. геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); І.П. Ковальчук, д-р геогр. наук (Національний університет біоресурсів і природокористування України); С.В. Костріков, д-р геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); Б.І. Кочуров, д-р геогр. наук (Інститут географії РАН, Росія); В.М. Московкін, д-р геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); К.А. Немець, д-р геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); Л.М. Немець, д-р геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); В.А. Пересадько, д-р геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); Л.Г. Руденко, д-р геогр. наук, академік НАН України (Інститут географії НАНУ); Р.І. Сосса, д-р геогр. наук (ДНВП «Картографія»); О.С. Третьяков, канд. геогр. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна), д-р географії (Франція); І.Г. Черваньов, д-р техн. наук (ХНУ імені В.Н. Каразіна); П.Г. Шищенко, д-р геогр. наук, чл.-кор. НАПН України (КНУ імені Т. Шевченка).

Адреса редакційної колегії:  
61022, м. Харків – 22, пл. Свободи, 4, к. 4-72  
тел. 707-53-60, e-mail: [methodgeo@univer.kharkov.ua](mailto:methodgeo@univer.kharkov.ua)

Збірник занесений до переліку наукових фахових видань

Проблеми безперервної географічної освіти і картографії : Збірник наукових праць. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2013. – Вип. 17. – 74 с.

До збірника включені статті, у яких розглядаються актуальні проблеми сучасної географічної освіти та картографічного її забезпечення; узагальнюється досвід і розкриваються перспективи розробки та впровадження у навчальний процес інноваційних педагогічних технологій, підготовки і видання нових картографічних творів, призначених для використання у школах, вищих навчальних закладах та в інших установах безперервної географічної освіти.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність  
за добір, точність, достовірність наведених даних, фактів, цитат,  
інших відомостей.

Статті пройшли внутрішнє та зовнішнє рецензування.

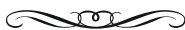
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 8681 від 22.04.2004

© Харківський національний університет  
імені В.Н. Каразіна, оформлення, 2013

УДК 911.9:504.062.2

М. О. Балинська, О. С. Третьяков

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна



## ІДЕНТИФІКАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ ЇХ ЧАСОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ОБРАЗУ

В роботі розглянуто методику визначення виду сільськогосподарських культур за космічними знімками із застосуванням алгоритму автоматичної ідентифікації на основі часового спектрального образу культури.

**Ключові слова:** ідентифікація культур, класифікація, часовий спектральний образ.

M. O. Balynska, O. S. Tretyakov

**IDENTIFICATION OF THE CROPS BY FORMING THEIR TEMPORAL SPECTRAL IMAGE.**

The work considers the technique of determining the type of crops by satellite images using an algorithm of automatic identification based on temporal spectral image of the culture.

**Key words:** identification of crops, classification, temporal spectral image.

M. O. Balinskaya, A. S. Tretyakov.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ИХ ВРЕМЕННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ОБРАЗА**

В работе рассмотрена методика определения вида сельскохозяйственных культур по космическим снимкам с использованием алгоритма автоматической идентификации на основе временного спектрального образа культуры.

**Ключевые слова:** идентификация культур, классификация, временной спектральный образ.

**Вступ.** Визначення видів сільськогосподарських культур є важливим завданням у дослідженнях різного характеру, зокрема для моніторингу сільськогосподарських земель, раціонального землекористування тощо. При цьому для ідентифікації культур доцільним є застосування результатів супутникових зйомок.

У даному дослідженні ідентифікація сільськогосподарських культур проводилася для цілей біоенергетики. Важливим було виділення на знімках полів, що зайняті головними культурами кожного регіону, визначення саме тих культур, відходи яких можуть бути використані в якості джерела енергії. Але загальна схема ідентифікації може бути використана і для досліджень інших напрямів.

### **Вихідні передумови.**

Визначають декілька підходів до ідентифікації культур із застосуванням космічних знімків. В основі більшості з них лежить класифікація знімків, контрольована або неконтрольована [4, 5], як основа «автоматизованого географічного дешифрування знімків» [4, с. 119], а відтак і можливість їх застосування для визначення виду сільськогосподарських культур. У роботі О. А. Войнова [2] викладені теоретико-методологічні основи дистанційного зондування агроценозів. Автор виділяє класифікацію з навчанням (еталонуванням) результатів зйомки в якості одного з основних етапів дослідження.

У ряді робіт відзначається недостатність використання одного знімку для розпізнання більшості

видів культур [1, 3]. Доведено, що на основі єдиного знімку Landsat можливим є лише розпізнання культур з різним проєктивним покриттям, але ідентифікація культур є неможливою. Відтак, доцільним є застосування знімків за декілька дат впродовж вегетаційного періоду.

При цьому, важливим завданням є перевірка можливості застосування розробленого алгоритму ідентифікації культур для територій з різними фізико-географічними умовами та різними формами ведення сільського господарства.

### **Формулювання цілей дослідження, постановка завдань.**

*Метою роботи* є апробація методики ідентифікації сільськогосподарських культур за серією космічних знімків Landsat для територій з різними умовами ведення сільського господарства.

Для досягнення мети вирішувалися наступні завдання:

- проведення неконтрольованої класифікації космічних знімків для досліджуваних територій;
- створення спектрального часового образу культур;
- автоматична ідентифікація культур на основі сформованих спектральних часових образів культур;
- аналіз отриманих результатів.

### **Виклад основного матеріалу.**

В якості територій дослідження обрано Золочівський район Харківської області та Пеї де Фужер (регіон Бретань, Франція).

Вихідні матеріали — знімки Landsat 7, сенсор ETM+ з травня по жовтень 2009 р. для Золочівського району та за 2000, 2001 та 2002 роки для Пеї де Фужер. Частина знімків не було використано у роботі, у зв'язку із закритістю територій дослідження хмарами. В результаті цього, аналізу та обробці підлягала лише частина доступних знімків за наступні дати: 26 травня, 11 та 27 червня, 21 липня, 1 жовтня 2009 року (для Золочівського району); 19 червня, 21 липня, 23 вересня, 10 листопада 2000 року, 21 травня, 22 червня, 25 серпня, 12 жовтня 2001 року (для Пеї де Фужер).

Загальна методика ідентифікації сільськогосподарських культур на основі створення їх спектрального часового образу за серією знімків має наступний вигляд:

а) попередня обробка знімків, визначення переліку основних сільськогосподарських культур для кожної досліджуваної території;

б) проведення неконтрольованої класифікації знімків (метод ISODATA) для досліджуваної території за декілька місяців;

в) аналіз відповідності між сільськогосподарськими культурами та класами, якими вони представлені, на кожен дату зйомки;

г) розробка алгоритму ідентифікації культур.

д) автоматичне виділення сільськогосподарських культур на досліджуваній ділянці на основі зведення воедино результатів класифікації серії знімків.

Попередньою умовою застосування даної схеми для певної території є визначення особливостей вирощування культур у конкретному регіоні (час посіву/збирання, наявність проміжних культур тощо).

Особливості вирощування культур у досліджуваних регіонах дещо різняться. По-перше, відрізняється перелік основних культур, що пояснюється головним чином тваринницькою спрямованістю сільськогосподарства Бретані. Для території Золочівського району розглядалися наступні культури: пшениця озима, ячмінь ярий, кукурудза, соняшник, цукрові буряки, соя, трави однорічні, гречка. В той же час, для території Пеї де Фужер перелік основних культур зведено до озимої пшениці, озимого ячменю, кукурудзи зернової, кукурудзи на силос. Значну частину території Пеї де Фужер займають пасовища. По-друге, для даної території характерною є наявність проміжних культур (що вирощуються на сільськогосподарських територіях для запобігання змиву азотних сполук у водойми, покращення структури ґрунту та ін.). По-третє, ключовим є врахування різниці дат посіву/збирання тих чи інших культур на полях досліджуваних територій, а відтак, і необхідність залучення знімків за різні місяці. Слід зазначити також таку відмінність як різниця у розмірах полів — поділ земель сільськогосподарського призначення на окремі поля у Бретані є значно дрібнішим, ніж в Золочівському районі, що дещо ускладнює інтерпретацію.

У програмі ERDAS IMAGINE було проведено неконтрольовану класифікацію для знімків за представлені місяці для всієї території Золочівського району та Пеї де Фужер, а також для окремої тестової ділянки у межах Золочівського району. Зміст неконтрольованої класифікації за алгоритмом ISODATA полягає у використанні формули найменших спектральних відстаней. Таким чином, кожен піксель знімку відноситься до того класу, відстань до сукупності середніх значень якого виявилася найменшою. Як результат, всі пікселі зображення виявляються розподіленими між визначеною кількістю класів.

На рисунку 1, в якості прикладу, представлена класифікацію серії знімків для Золочівського району. При цьому, результати класифікації для Золочівського району перевірялися за тестовою ділянкою (близько 20% території). Загальна кількість класів становить 10, але реальна кількість класів залежить від кількості хмар та нульових значень яскравості. Кожен клас являє собою групування культур, які в певному місяці мають подібні спектральні властивості в залежності від їх вегетаційного стану на момент зйомки.

**Формування спектрального образу культур.** Відповідно до відомостей про дати посіву/збирання тих чи інших культур на полях, проводився окремих аналіз співвідношення між культурами та класами, якими вони представлені на кожен дату зйомки. В основі цього визначення лежить те, що вегетаційний стан (фаза росту, вік) може впливати на спектральні характеристики культур через зміну величини проективного покриття (особливо на ранніх стадіях розвитку) або через зміну хімічних властивостей, зокрема зниження рівню хлорофілу (на пізніх стадіях розвитку).

Відтак, застосування серії знімків дає змогу фіксувати сукупність основних фенофаз культур. Таким чином, було сформовано часовий спектральний образ кожної культури для досліджуваних територій.

#### Золочівський район.

Озима пшениця на знімку за травень має значне проективне покриття (більші значення яскравості в 4-ому каналі при менших значеннях в 3-ому та 5-ому), тоді як сходи інших культур мають незначне проективне покриття. Але в цей час подібними до озимої пшениці можуть бути спектральні характеристики трав. У наступні місяці відбувається змішування озимої пшениці в єдині класи з іншими культурами. На знімках за кінець червня - початок липня (напередодні збирання врожаю), коли відбувається досягання пшениці, поля даної культури набувають відповідного забарвлення. Восени поля озимої пшениці представлені відкритим ґрунтом.

Ячмінь ярий має схожий спектральний профіль, окрім знімку за травень, де його проективне покриття менше, ніж у пшениці.

Горох формує з ячменем ярим змішані класи за більшістю знімків, але певне розділення даних куль-

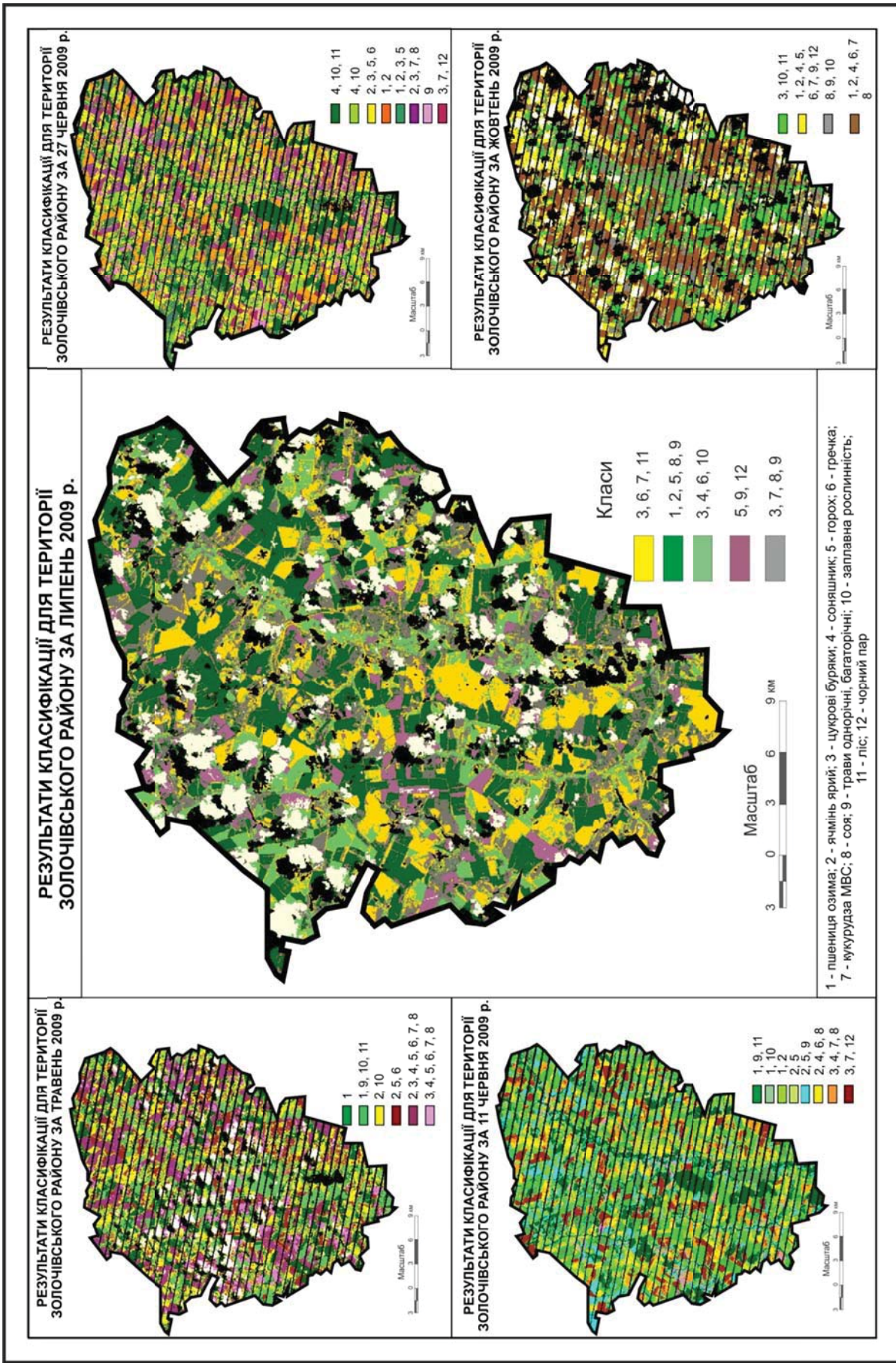


Рис. 1. Результати класифікації серії знімків на прикладі Золочівського району

тур є можливим на знімках, отриманих у середині червня.

Виділення соняшнику відбувається на основі того, що до середини червня на знімках ці поля представлені переважно відкритим ґрунтом. У кінці червня соняшник, на відміну від більшості інших культур, має досить високе проективне покриття та спектральну криву, характерну для яскраво-зеленої рослинності. Можливим в цей період є змішування з цукровими буряками, але у спектральних характеристиках соняшника, на відміну від буряків, восени головну роль відіграє ґрунт.

В свою чергу, буряки виділяються за рахунок того, що на знімку за жовтень вони представлені зеленою рослинністю з високим проективним покриттям. Урожай інших культур у цей період вже зібраний, відтак відповідні поля представлені відкритим ґрунтом.

Залучення до аналізу серпневого знімку дозволяє виділити кукурудзу. Особливостями аналізу цієї культури є те, що наприкінці червня відповідні поля представлені, головним чином, відкритим ґрунтом (тоді як, наприклад, соняшник має високе проективне покриття), а восени її врожай вже зібраний (тоді як буряки знаходяться в фазі активного розвитку). Відтак, за рахунок виключення полів, зайнятих під буряки та соняшник, можливо виділити поля, зайняті кукурудзою.

Соя та кукурудза мають схожий період розвитку та спектральні характеристики. Виокремлення сої від кукурудзи на основі наявних знімків можливе при використанні знімку за кінець червня. У цей період на полях сої участь ґрунту у формуванні спектрального профілю дещо зменшується (відбувається зниження яскравості в 5-ому каналі та незначне підвищення в 4-ому каналі). Значення ж яскравості в цих каналах для полів кукурудзи більш характерні для відкритого ґрунту. Більш точне розпізнавання можливе за знітками за початок – середину липня.

#### Пеї де Фужер.

Озима пшениця та озимий ячмінь. При класифікації знімків за 21 травня та 22 червня озима пшениця, ячмінь і пасовища утворюють кілька змішаних класів (до складу кожного з них входять усі зазначені культури). Виділення цих класів визначається, головним чином, проективним покриттям рослинності на полях. При цьому, в травні змішування в загальний клас озимої пшениці з кукурудзою не відбувається, тому що в цей час кукурудза знаходиться в стані сходів, отже, у формуванні спектрального профілю полів кукурудзи провідним є ґрунт. А в червні до складу змішаних класів входить також і кукурудза, що являє собою зелену рослинність. У кінці серпня та в жовтні поля пшениці озимої та ячменю являють собою прибрані поля (ґрунт), тому вони утворюють змішані класи. Поля озимої пшениці, зайняті в даний період проміжними культурами, об'єднуються в класи з пасовищами і полями кукурудзи на силос, а також полями ячменю (які зайняті проміжними культурами).

Кукурудза. Результати класифікації знімка за 21 травня свідчать, що в цей період кукурудза виділяється в окремі незмішані класи. Це пов'язано з тим, що з моменту посіву минуло недостатньо часу для формування на цих полях рослинності з високим проективним покриттям. На знімках за червень та серпень поля кукурудзи та пасовища об'єднуються в змішані класи, тому що покриті зеленою рослинністю. На знімках за 12 жовтня з усіх полів кукурудзи вкритими рослинністю залишаються лише поля під зерною кукурудзою. Вони утворюють класи, частково змішані з пасовищами. Поля кукурудзи на силос практично повністю прибрані.

#### **Ідентифікація культур**

Для автоматичного виділення класів на території з використанням часового спектрального образу культур необхідно перевести пікселі растрового зображення (знімку) в окремі точкові об'єкти векторного шару даних, з якими є можливість роботи в ГІС MapInfo Professional. На основі даного файлу в ГІС MapInfo Professional створено нову таблицю та точкові об'єкти в Універсальній поперечній проекції Меркатора (UTM WGS 84). У межах шару кожна точка має певне значення (від 0 до 10) відповідно до класу, якому вона відповідає в класифікації кожного знімка.

Після цього здійснено віднесення точок (пікселів) до того чи іншого виду сільськогосподарських культур на основі зведення воедино результатів класифікації серії знімків. Алгоритм виділення культур базується на встановлених співвідношеннях культур та класів, до яких вони віднесені за місяцями. Алгоритм має вигляд: «Якщо (на знімку 1 значення в точці  $A$  дорівнює класу  $a$  або значення в точці  $A$  дорівнює класу  $b$ ) та (на знімку 2 значення в точці  $A$  дорівнює класу  $a$  або значення в точці  $A$  дорівнює класу  $d$ ), то точка  $A$  відноситься до класу  $I$ ». Результуючі класи відповідають видам культур. Алгоритм реалізовується за допомогою додаткового модулю до ГІС MapInfo (розроблений авторами) та застосовується до кожної точки, в результаті чого кожній з них надається певне значення культури.

До даного алгоритму внесено поправки відповідно до особливостей представлених знімків та культур. Зокрема, при створенні алгоритму ідентифікації культур для знімків 2001 року (Пеї де Фужер) враховувалася наступна особливість. Знімок за серпень характеризується значною хмарністю. Таким чином, є два шляхи ідентифікації. Перший – виключення з розгляду ділянок під хмарами і тінями від них. Другий – врахування цих ділянок при ідентифікації. Для реалізації другого варіанту, до алгоритму ідентифікації було додано, окрім класів, що відповідають полям з культурами і пасовищами, класи хмар і тіней. Але при простому додаванні даних класів виникає проблема. Якщо врахувати, що значна частина полів, на яких прибрані озими, зайнята проміжними культурами (рослинністю), то на знімках за жовтень вони входять у загальні класи

разом з пасовищами, кукурудзою зерновою (тобто дані пікселі мають спектральні характеристики рослинності). На знімках за травень і червень поля під озимими також опиняються в одних класах з пасовищами. Таким чином, якщо ділянки досліджуваної території на серпневому знімку закриті хмарами, то відокремити поля, які були під озимими зерновими, а зараз зайняті проміжними культурами, від пасовищ неможливо.

У результаті, для виділення озимих зернових без проміжних культур і з проміжними культурами використовувалися різні алгоритми:

1) Якщо на знімку за серпень точки відповідають класам відкритого ґрунту або хмар/тіней від них і на знімку за жовтень вони представляють собою відкритий ґрунт, то дані точки ідентифікуються як озимі зернові (без проміжних культур). За умови відповідності даних точок характеристикам озимих за попередні дати знімків.

2) Якщо на знімку за серпень точки відповідають класам відкритого ґрунту і на знімку за жовтень вони представлені рослинністю, то дані точки ідентифікуються як озимі зернові (з проміжними культурами). За умови відповідності даних точок характеристикам озимих за попередні дати знімків.

#### Виявлені проблеми

1. Наявність хмар, тіней від них, інших спотворень на знімках, що в дійсності не збігаються. Як результат – значна частина території може бути вилучена з розгляду. При ідентифікації культур за се-

рією знімків 2001 року (для території Пеї де Фужер) зроблена спроба нівелювати негативний вплив даної особливості, включивши дані класи в алгоритм. При цьому частина території з розгляду не вилучається, але можливими є деякі спотворення в результатах.

2. Відсутність знімків на ключові для виділення культур дати. В результаті проблемним стало виділення гороху для Золочівського району та розділення пшениці озимої та ячменя озимого для Пеї де Фужер. Для останніх повного розділення досягти неможливо через значні накладання дат збирання врожаю даних культур.

3. Наявність проміжних культур (Пеї де Фужер). Дана особливість разом з недостатньою кількістю знімків на ключові дати призвела до неможливості поділу більшості культур за серією знімків за 2000 рік, а також до певного спотворення в результатах при виділенні культур на основі знімків 2001 року.

4. Смугастість знімків через дефект знімальної системи (Золочівський район). Ця властивість мала негативний вплив на результати класифікації та завадила провести їх повну оцінку за межами тестової ділянки.

#### Аналіз результатів

У результаті застосування алгоритму до знімків на досліджувані ділянки ідентифіковано наступні культури (групи культур):

– для Золочівського району – озима пшениця, ячмінь ярий, горох (частково змішується з ячменем ярим), цукрові буряки, соняшник, кукурудза, однорічні трави.

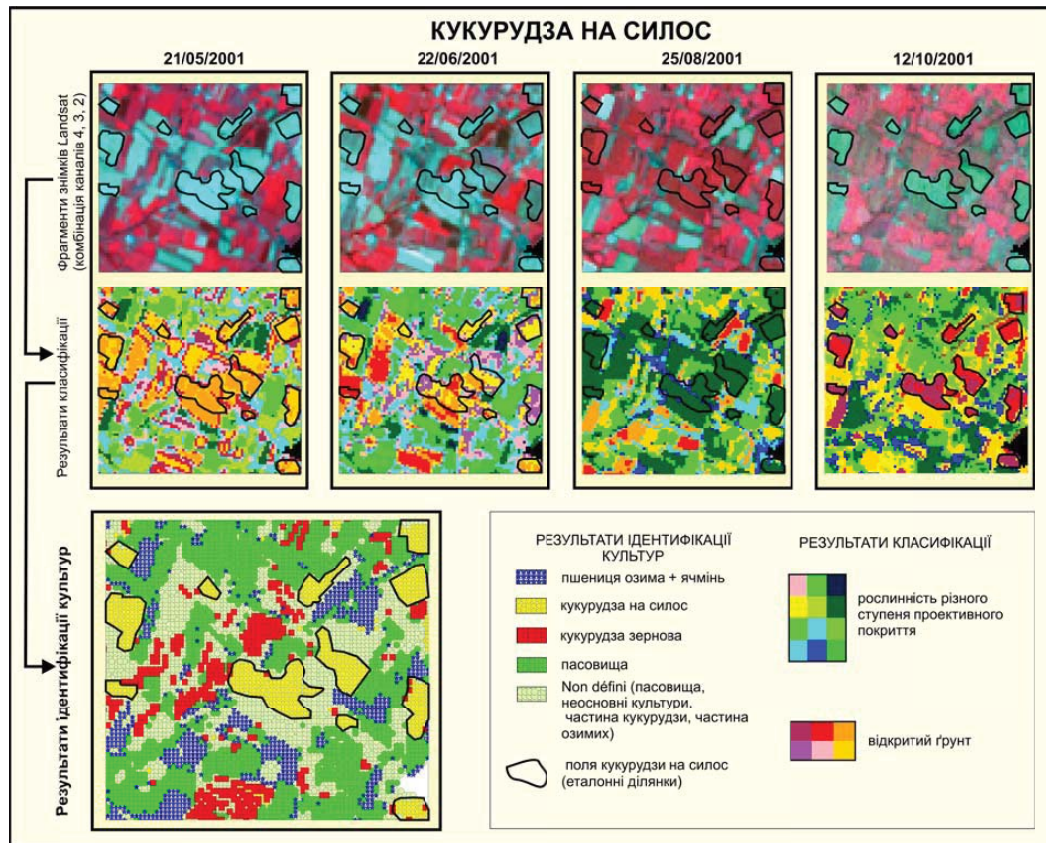


Рис. 2. Представлення етапів та результатів ідентифікації культур (на прикладі кукурудзи на силос)



— для Пеї де Фужер — кукурудза зернова, кукурудза на силос, озимі зернові (пшениця та ячмінь разом), пасовища. При цьому, клас озимих зернових розглядався у двох варіантах — стандартному (при відсутності проміжних культур) і при наявності проміжних культур.

Оцінка результатів класифікації здійснювалася для Золочівського району на основі порівняння з тестовою ділянкою, для Пеї де Фужер — з даними щодо сівозмін на території за 2007 рік.

Відповідно до тестової ділянки визначено високу ефективність ідентифікації зазначених культур. Порушили загальну картину смуги на знімках, а також виділення в змішані класи окремих полів (частин полів) під ячменем ярим та горохом.

У відсотковому відношенні від загальної кількості пікселів зображення, без застосування тестової ділянки (для Пеї де Фужер) ідентифіковано більше 70% точок. До групи невизначених точок потрапили «неосновні» культури району, поля під паром, значна частина пасовищ (наприклад, ті, які змінили свої спектральні властивості через витоптування), частково основні культури.

Ефективність ідентифікації культур на прикладі кукурудзи на силос дозволяє оцінити рис. 2, на якому представлено етапність ідентифікації на знімках за використані місяці, їх відображення у результатах класифікації.

Найбільшу площу на розглянутій території за результатами класифікації займають пасовища. Кукурудза й озимі зернові знаходяться практично в рівному співвідношенні. При цьому, співвідношення між зерною кукурудзою та кукурудзою

на силос становить близько 1:4. Аналізуючи просторове розміщення сформованих класів, бачимо, що більша частина полів під озимими зерновими розташована в західній частині території. Поля під кукурудзою концентруються переважно в її південно-східній частині. Зокрема, саме на південному сході розташовані основні масиви полів під кукурудзою зерною. У центральній частині переважаючими є пасовища. Відтак, відзначається схожість просторової структури на основі ідентифікації з даними сівозмін на території за 2007 рік. Це слугує підтвердженням доцільності використання методу ідентифікації за серією знімків.

#### **Висновки.**

Використання методики ідентифікації сільськогосподарських культур на основі створення їх часових спектральних образів показало досить високу ефективність визначення видів основних культур досліджуваних ділянок. Доведено доцільність застосування серії космічних знімків для визначення виду культур, за умови врахування особливостей ведення рослинництва в кожному конкретному регіоні. Таким чином, розроблений алгоритм може вважатися базовим для проведення досліджень подібного характеру. Ефективне застосування даної методики ідентифікації культур для територій із різними фізико-географічними умовами підтверджує універсальність даної методики та її стійкість до природних та антропогенних змін.

**Рецензент – доктор географічних наук,  
професор І. Г. Черваньов**

#### **Література:**

1. Балинська М. О. Використання класифікації з навчанням для моніторингу сільськогосподарських земель / М. О. Балинська, О. С. Третьяков // Вісн. Харк. нац. ун-ту. — 2009. — №882'31. — С. 103-109.
2. Войнов О. А. Мониторинг состояния агроценозов аэрокосмическими методами / О. А. Войнов — К.: Ин-т телекоммуникаций и глоб. информ. пространства, 2005. — 392 с.
3. Дистанционное зондирование: количественный подход / [Ш. М. Дейвис, Д. А. Ландгребе, Т. А. Филиппс и др.]; под ред. Ф. Свейна, Ш. Дейвис. — Пер. с англ. — М.: Недра, 1983. — 415 с.
4. Лурье И. К. Теория и практика цифровой обработки изображений / И. К. Лурье, А. Г. Косиков, под ред. А. М. Берлянта — М.: Научный мир, 2003. — 168 с., 8 с. цв. вкл. — (Дистанционное зондирование и географические информационные системы).
5. ERDAS IMAGINE. Справочное руководство Field Guide. Norcross, Geospatial Imaging, LLC, 2005. — 686 с.

УДК 911.9:504.062.2

О. О. Волковая

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна



## ЗАСТОСУВАННЯ ГІС ПРИ РОЗРОБЦІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ НА РІВНІ АДМІНІСТРАТИВНОГО РАЙОНУ

У статті викладено основні результати застосування методики моделювання акустичної ситуації частини території Борівського та Ізюмського районів Харківської області за допомогою засобів ГІС.

**Ключові слова:** вимірювання фонового шуму, ГІС-моделювання, вітроенергетичний потенціал.

O. Volkovaia

**APPLICATION OF GIS IN DEVELOPING STRATEGIES OF WIND ENERGY AT THE LEVEL OF ADMINISTRATIVE DEPARTMENT**

The article presents the main results of applying the acoustical situation modeling methodology of the territory of Borivskiy and Iziumskiy department of Kharkiv region by using GIS.

**Keywords:** Measuring background noise, GIS modeling, wind power potential.

A. A. Волковая

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ НА УРОВНЕ АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА**

В статье изложены основные результаты применения методики моделирования акустической ситуации части территории Боровского и Изюмского районов Харьковской области с помощью средств ГИС.

**Ключевые слова:** измерение фонового шума, ГИС-моделирование, ветроэнергетический потенциал.

**Вступ.** Основні засади та етапи розробки проєктів побудови вітроенергетичних установок були визначені Європейською Вітроенергетичною Асоціацією (EWEA) за участі ряду організацій з метою забезпечення правильного та ретельного виконання вітроенергетичних проєктів. Одним з важливих етапів є визначення негативного впливу ВЕС на навколишнє середовище та обслуговуючий персонал. Останнім часом ВЕУ утворюють набагато менше шуму, ніж у минулому. Але все ж акустичний вплив залишається важливим фактором вибору майданчика. Шумове забруднення входить до досить вагомих факторів екологічного ризику. У деяких країнах, наприклад, у Великобританії, щоб отримати дозвіл на будівництво, необхідно оцінити рівень шумового забруднення створюваного проєкту та надати звіт у місцеву організацію із захисту здоров'я та навколишнього середовища. Процес підготовки вітроенергетичних проєктів є досить складним і ще досі не є достатньо уніфікованим. Тому питання пошуку варіантів аналізу умов для розміщення ВЕУ залишаються досить актуальними.

**Аналіз досліджень.** Робота автора спирається на дослідження як зарубіжних авторів, так і вітчизняних науковців. Для цілей дослідження важливим був розгляд робіт у кількох напрямках. По-перше, це вплив ВЕС на навколишнє середовище, при цьому велике значення надається шумовому забрудненню [3]. Другий напрям – розуміння природи шуму від вітрогенераторів, специфіка його появи та поширення [9,12]. Окремо розглядалися питання вимірювання рівнів звуку, обробки та інтерпретації результатів вимірів [2,10,11]. При розробці

методики дослідження автор спирався на роботи, у яких досліджувалися можливості побудови карт шуму та специфіка розподілу звуку в природі, що має істотне значення для його моделювання [1,4,5]. Принципово новим у роботі є вивчення можливостей використання геоінформаційних систем у процесі визначення шумового впливу вітрогенераторів на навколишнє середовище.

**Метою дослідження** є побудова карти фонового шуму території в межах Ізюмського та Борівського районів Харківської області за допомогою геоінформаційних систем, її аналіз відповідно до вимог розвитку вітроенергетики районного масштабу.

**Виклад основного матеріалу.** Шум визначається як будь-який небажаний звук, перевищення рівня фонового звуку. Існує ряд параметрів, які слід враховувати при вивченні впливу шуму на навколишнє середовище. Під час аналізу акустичної ситуації важливо врахувати наступні фактори: рівень інтенсивності, частота, розподіл частот і форм джерела шуму; характер місцевості між джерелом та приймачем (розчленування, рельєф, наявність бар'єрів); вид приймача (житлова забудова, території ПЗФ, промислова забудова тощо). Моделювання шумового впливу має враховувати близькість поселень (шум від вітряків може розповсюджуватися на відстань від 300 м до кількох км), рівень фонового шуму (за його низького рівня акустичний вплив вітряних турбін стає більш помітним), мікрокліматичні особливості території (насамперед, вітровий режим). Крім того, важливими є характеристики власне вітряної турбіни (такі дані приводять розробники вітрових турбін).

Будівництво вітряних турбін для виробництва електроенергії може заподіяти незручності на місцевому рівні. Вітроенергетична установка має бути віддалена від житлових будинків, шкіл та лікарень настільки, щоб рівень шуму, який створюється працюючою ВЕС, становив не більше 45 дБ. Віддалення ВЕС від населених пунктів і місць відпочинку вирішує проблему шумового ефекту для людей. Шум може також впливати й на фауну [3, 8]. Вітрові турбіни найчастіше розташовують у сільській місцевості, де фонові рівні шуму є незначними. Але значна частина шуму від вітрової турбіни може маскуватися такими фоновими рівнями, як шум вітру та інший шум навколишнього середовища.

Досліджувана ділянка охоплює територію площею 275 км<sup>2</sup> і розміщена на заході Борівського району Харківської області, включає невелику частину території Ізюмського району. Район дослідження має вигляд прямокутника. На даній ділянці попередньо було вивчено вітрові характеристики та інші фізичні та соціально-економічні параметри, проведено аналіз потенційних положень вітрогенераторів за значенням перспективного виробітку енергії. Відповідно до цих досліджень ділянку було визнано придатною для економічно вигідного розташування вітрогенераторів.

Щоб у подальшому оцінити потенційний акустичний вплив вітрогенератора, було вирішено провести вимірювання та моделювання фонового шуму місцевості.

За основу для вимірів було взято державні стандарти, які стосуються як акустичних вимірів як для потреб вітроенергетики, так і для інших галузей.

Оцінці підлягав рівень фонового шуму  $L_a$  (дБА) та акустична ситуація в цілому на ділянці, що досліджується. Величина рівню шуму  $L_a$  (дБА) безпосередньо зчитувалася з показників шумоміру. За результатами трьох замірів знаходиться середнє значення  $L_a$  сер. (дБА) у точці заміру. За результатами опрацювання замірів у 14 точках будується карта розподілу рівня фонового шуму на ділянці, що досліджується. Дослідження ділянки проводяться у денний час на відкритій місцевості за погодними умовами, що дозволяють проводити вимірювання шуму. А саме: відсутність опадів, грому та блискавок, джерел звуку, що є тимчасовими на даній місцевості (трактори, автотранспорт, літаки, що пролітають та інше).

Вимірювання рівню шуму здійснювалися у відповідності до вимог державних стандартів [6, 7]. Проводилися вимірювання тільки постійного шуму.

На основі даних, отриманих після вимірювання рівнів звуку та розрахунків, було побудовано поверхню розподілу шуму по території дослідження. Даний етап виконувався у програмному середовищі MapInfo та Golden Software Surfer. Отримані поверхні можна аналізувати з питань доцільності встановлення вітрогенераторів у тому чи іншому місці, відштовхуючись від акустичного впливу на оточуючі

забудови (житлові, рекреаційно-оздоровчого призначення, тощо).

Вихідними даними виступають виміри із 14 точок, яким відповідають найвизначніші з точки зору завдань дослідження фізико-географічні характеристики місцевості. На основі цих вимірів ділянкам із схожими характеристиками було надано відповідні значення рівня звуку. Присвоєння значень точок здійснювалось у програмному середовищі MapInfo. Таким чином було отримано розподіл точок значень, що дає змогу побудувати карту.

Для подальших етапів було використано програмне забезпечення Golden Software Surfer. У даному середовищі використовуються різні алгоритми інтерполяції, які дозволяють з високою якістю створювати цифрові моделі поверхні за нерівномірно розподіленими в просторі даними. Найбільш часто використовуваний при цьому метод крігінгу ідеально підходить для представлення даних у всіх науках про Землю. Даний метод намагається вловити тренди, які передбачаються в даних. Зокрема, точки з високим значенням він намагається з'єднувати уздовж гребеня, а не ізолювати за допомогою замкнутих горизонталей типу «бичаче око».

Таким чином, із використанням алгоритму інтерполяції крігінгу, було побудовано карту статистичної поверхні значень рівнів звуку (рис. 1). Для населених місцевостей загальноприйнятою є шкала звукових рівнів, за якою має не перевищуватися значення у 45-50 дБ. Тому на карті значення більше 50 дБ позначено червоним кольором (незадовільні), 45-50 дБ — жовтим, менше 45 дБ — зеленим (допустимі).

Результати проведення дослідження дають змогу прийти до наступних висновків. По-перше, акустична ситуація на території в цілому є достатньо сприятливою для розвитку вітроенергетики. За робочих швидкостей вітру (а саме за таких здійснювалось вимірювання рівнів шуму) на більшій частині території рівень фонового шуму досягає досить високих значень, більших за рівень «комфорту» у 45 дБ. На ділянках поблизу населених пунктів спостерігається деяке підвищення рівнів шуму. Таким чином, відповідно до типу турбіни, рівень шуму може перекиватися фоновими рівнями і розміщення турбін не буде чинити істотний акустичний вплив на населення. Найменші значення рівнів фонового шуму належать зонам лісових насаджень, де рослинність виконує функцію природного бар'єру. Якщо між вітрогенератором та приймачем існуватиме бар'єр, це значно знизить рівень шуму. Єдина вимога — вилучення можливості «затінення» вітру таким бар'єром (у такому випадку рівень виробітку буде знижуватися), що може бути досягнуто шляхом розміщення вітрогенераторів на достатній відстані від бар'єру.

**Висновки.** Побудована карта фонового шуму дає змогу оцінити розподіл значень рівнів звуку в межах території дослідження, визначити основні

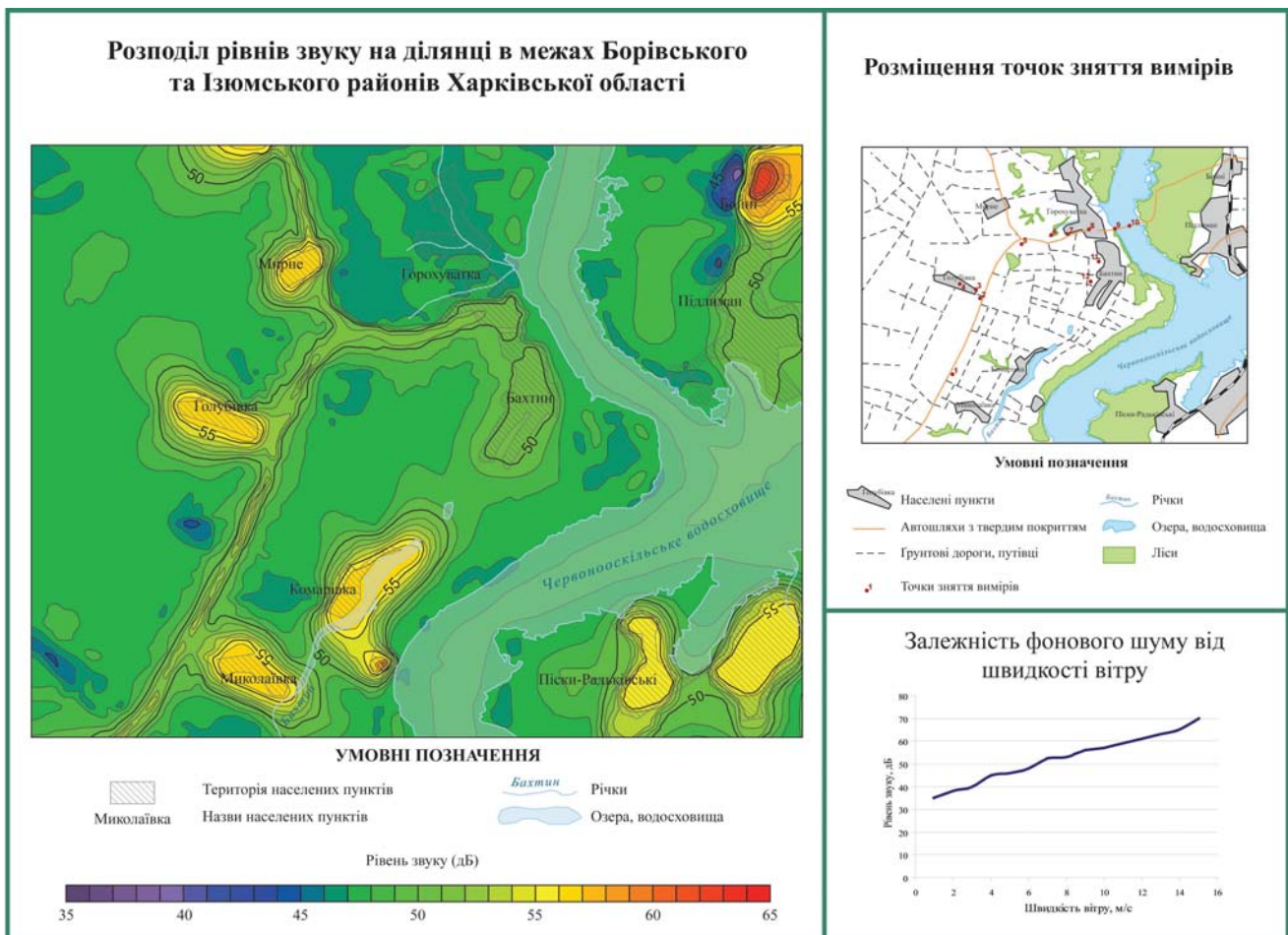


Рис. 1. Карта фонового шуму

закономірності, а також дозволяє проводити математичні операції із поверхнями. Так, наприклад, володіючи даними про розподіл швидкостей вітру, можна побудувати результуючу поверхню фонового шуму, засновану вже на даних залежності виміряних фонових рівнів звуку від швидкості вітру (чим більшою є швидкість вітру, тим більше значення фонового шуму). Така результуюча карта може стати корисною для уточнення і більшого наближення значень до дійсних.

Наступним етапом є побудова карти розподілу шуму, що випромінюється вітрогенератором і накладання (додавання) цієї карти до карти рівнів фонового шуму. Через специфічну природу звуку,

таке додавання має здійснюватись за формулою:  $L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}$  та за допомогою таблиць додавання рівнів звуку. Таким чином отримується карта перевищення фонового рівня шуму. Так, якщо значення перевищення у населеній зоні є більшим за 10 дБ, встановлення вітрогенераторів є небажаним. Існує можливість побудови карти шляхом додавання потенційного виробітку енергії і перевищення фонового рівня шуму, що зможе давати повнішу оцінку потенційного розташування вітрогенераторів.

Рецензент – кандидат географічних наук,  
доцент Третьяков О. С.

#### Література:

1. Абракітов В. Е. Картографування шумового режиму центральної частини міста Харкова / В. Е. Абракітов. — Харків: ХНАМГ, 2010. — 266 с.
2. Беранек Л. Л. Акустические измерения. / Л. Л. Беранек; пер. с англ. Н. Н. Андреев. - М.: Изд. иностр. лит., 1952. — 626 с.
3. Васильев Ю. С. Экология использования возобновляющихся энергоисточников / Ю. С. Васильев, Н. И. Хрисанов. — Л.: Издательство Ленинградского университета, 1991. — 343 с.
4. Коробейников А. А. Система мониторинга шумового загрязнения окружающей среды / А. А. Коробейников // Интеллектуальные системы в производстве. — 2008. - №2. — С. 64-71.

5. Марков С. Б. Опыт построения карт шума в условиях сложной городской застройки с помощью программного комплекса EXNOISE / С. Б. Марков // Автотранспорт: от экологической политики до повседневной практики: тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. — СПб, МАНЭБ, 2008. — С. 42-48.
6. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. — ГОСТ 23337-78. — [Введ. 1979-07-01]. — М.: Стандартинформ, 2008. — 44 с. — (Государственный стандарт Союза ССР).
7. Шум. Опис, вимірювання і оцінка шуму на місцевості. — ДСТУ ГОСТ 31296.1:2007. — [Чинний від 2008-04-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 25 с. — (Національний стандарт України).
8. Энергия ветра: оценка технического и экономического потенциала / [Хоффман Л., Обермайер Г., Ярас А., Ярас Л.]; пер. с англ. Я. И. Шефтер. — М.: Мир, 1982. — 256 с.
9. Dutilleux P. Assessment of the acoustic noise issues of wind farm projects in the light of the experience gained in Germany / P. Dutilleux, J. Gabriel. — Wilhelmshaven: DEWI GmbH, 2008. — Режим доступа: [http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Publikations/2\\_Dutilleux.pdf](http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Publikations/2_Dutilleux.pdf)
10. Environmental Noise — Nærum: Bruel&Kjaer, 2001. — 60 p.
11. GADE S. Sound Intensity (Theory) / S. GADE. — Nærum: Bruel&Kjaer, 1982. — 39 p.
12. Rogers A. L. Wind Turbine Acoustic Noise / A. L. Rogers, J. F. Manwell, S. Wright. — Amherst: Renewable Energy Research Laboratory, 2006. — 26 p.

УДК 528.5

П. Е. Ефременко, М. В. Шевченко, А. И. Горб

ООО «Навигационно-геодезический центр»



## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ GNSS-СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ГИС-ПРОЕКТОВ

Исследование современных способов сбора геопространственных данных с помощью различных программно-аппаратных средств на базе спутниковых GNSS технологий. Сравнение работы основных групп GNSS измерителей по параметрам точности производительности и удобства использования для задач ГИС съемки. Поиск оптимальных подходов для построения и актуализации локальных ГИС-проектов на основе полевых измерений.

**Ключевые слова:** GNSS, ГИС-проект, ГИС-контроллер, навигатор, трекер.

Iefremenko P.I., Shevchenko M.V., Gorb O.I.

### THE MODERN HARDWARE AND SOFTWARE GNSS-TOOLS FOR CREATING AND UPDATING LOCAL GIS PROJECTS

Research of modern methods for geo-spatial data collecting with different software and hardware based on GNSS technology. Comparison of main groups of satellite GNSS measuring instruments to the parameters of precision, performance and ease of use for GIS survey applications. The best approaches for creating and updating local GIS projects are found based on field measurements.

**Keywords:** GNSS, GIS project, GIS controller, navigator, tracker.

Єфременко П. С., Шевченко М. В, Горб О. І.

### СУЧАСНІ ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ GNSS-ЗАСОБИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ І АКТУАЛІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ ГІС-ПРОЕКТІВ

Дослідження сучасних способів збору геопросторових даних за допомогою різних програмно-апаратних засобів на базі спутникових GNSS технологій. Порівняння роботи основних груп GNSS вимірювачів за параметрами точності, продуктивності та зручності користування для задач ГІС зйомки. Пошук оптимальних підходів для побудови та актуалізації локальних ГІС-проектів на основі польових вимірювань.

**Ключові слова:** GNSS, ГІС-проект, ГІС-контролер, навігатор, трекер.

**Вступление.** Геоинформационные технологии активно интегрируются во многие сферы жизни человека и его хозяйственной деятельности. Одной из актуальных проблем является выбор и оптимальное использование различных программно-аппаратных измерительных средств, предназначенных для сбора и обработки геопространственной информации. Это касается и таких задач как создание и актуализация геоинформационных систем (ГИС) для лесных, сельских хозяйств, коммунальных служб и др. Электронные карты с базой атрибутивных данных

для таких объектов можно условно назвать локальным ГИС-проектом. Особенностью работы с такими ГИС является то, что при создании или актуализации всей системы измерительная работа ведётся по отдельным типовым объектам хозяйства относительно небольших размеров (к примеру, квартал лесного хозяйства). Подобная специфика предполагает, что устройства сбора геопространственных данных, с одной стороны, должны быть компактными и прочными, с другой стороны — обеспечивать оперативный сбор данных высокой точности.

Современные измерительные технологии предлагают широкий спектр способов измерений (традиционные оптико-электронные технологии, лазерные наземные измерения, фотограмметрия, и т.д.), но наиболее интересными и эффективными для задач локального сбора геоданных являются спутниковые GNSS-технологии и построенные на их базе измерительные GNSS-приемники [1].

**Исходные предпосылки.** Данная проблема актуальна в связи с повсеместной необходимостью переоснащения различных хозяйственных структур измерительными средствами и программным обеспечением ГИС, а также с необходимостью оптимального выбора таких средств из многочисленных вариантов разного назначения и разной сложности, доступных на сегодняшний день.

**Цели и задачи исследования.** В связи с поставленной проблематикой сформулированы следующие задачи исследования:

1. Рассмотрение функциональных возможностей GNSS-оборудования.
2. Сравнительная характеристика полученных данных.
3. Определение оптимального GNSS-оборудования для создания локальных ГИС-проектов.

Конкретной практической задачей для выявления оптимального программно-аппаратного GNSS решения для локальных ГИС-проектов была выбрана задача актуализации картографического материала в лесном хозяйстве, а точнее — создание ГИС-проекта стандартного квартального участка лесхоза с актуальным расположением внутренних выделов и их атрибутов. Рассматриваемый квартальный участок общей площадью 26,607 га имеет прямоугольную форму и состоит из восьми выделов различной конфигурации. Схематически расположение выделов заданного квартала показано на рис. 1. Актуализация расположения и формы таких выделов является одной из основных задач в лесном хозяйстве, что должно сопровождаться точными координатными измерениями и записью атрибутивной информации.

**Изложение основного материала.** Основной задачей GNSS-измерителей является вычисление с различной точностью текущих неизвестных координат точек и вынос в натуру точек с известными координатами, а также ряд дополнительных приложений (расчет расстояний, вычисление площадей, координатная геометрия, разбивка и др.). Помимо необходимости координирования объектов, измерения для ГИС содержат также ряд дополнительных задач, среди которых в первую очередь — необходимость записи различных атрибутивных данных, привязанных к объектам ГИС.

По классу точности и производительности все спутниковые GNSS-приемники можно условно разделить на две основные группы: навигационные и геодезические. В качестве отдельной подгруппы следует также рассмотреть измерительные GNSS-

приемники со встроенной мобильной ГИС, так называемые ГИС-контроллеры. Для рассматриваемых задач по созданию локальных ГИС-проектов применимы приборы как навигационной, так и геодезической точности (всё зависит от допусков по точности измерений). Помимо точности, важным фактором является также скорость сбора данных и удобство сведения результатов в требуемый ГИС-формат. Именно исходя из этих параметров необходимо выбирать соответствующие оптимальные средства и способы сбора данных для ГИС [2].

Для решения данной задачи было проведено сравнительное исследование способов сбора ГИС данных GNSS оборудованием трех типов: а) *ручным GPS-навигатором*, б) *высокоточным геодезическим GNSS-приемником*, в) *специализированным ГИС-контроллером*. Задача съёмки заключалась в координировании точек контуров, объектов на местности (например, квартальные столбы) и формирование полигонов выделов с атрибутивным описанием (номер, площадь, тип насаждений, возраст и т.д.). Результатом такой работы должен быть локальный ГИС-проект, состоящий, как минимум, из двух слов: точечного, содержащего результаты измерений; полигонального, включающего картографические модели выделов, построенные в требуемой системе координат (СК-42) и с необходимым атрибутивным описанием. Для сравнения оборудования выбраны следующие показатели: среднее время нахождения на точке и общее время полевых измерений, точность определения координат, способ сбора и добавления в ГИС атрибутивной информации (автоматически в полевых условиях или камерально).

Первый вариант GNSS-измерителя (портативный GPS-навигатор) представлен GPS навигатором eXplorist 510 фирмы Magellan, которая занимает лидирующие позиции на рынке навигационного оборудования (рис. 2). Технические характеристики Magellan eXplorist 510 приведены в табл. 1.

Навигаторы фирмы Magellan серии eXplorist оснащены мощными высокочувствительными GPS-антеннами SiRFstarIII с возможностью использования системы EGNOS (общеевропейской геостационарной системы навигационного покрытия), которая аккумулирует информацию от спутников GPS, ГЛОНАСС и Galileo и собственных геостационарных спутников. Совокупность информации транслируется на GPS-приемники для обеспечения высокой точности (до 3 м в благоприятных условиях) и быстрого определения координат (до 15 секунд — холодный старт).

GPS-навигаторы серии eXplorist позволяют определять собственное местоположение, производить расчёты параметров территорий (площадь, периметр и т.д.). Устройства оборудованы цифровой камерой и диктофоном, в которых есть возможность привязки записи к географическим координатам. Защищенность от сложных условий окружающей среды, энергосберегающие технологии и гибкое картографическое

обеспечение (использование растровой и векторной картографии) обеспечивают качественное решение большинства повседневных задач лесного хозяйства. Основным недостатком является ограниченная точность определения координат, которая напрямую зависит от внешних условий. Например, в условиях обильной лесной растительности точность определения координат может снижаться до 8 м.

Выходным форматом данных устройства является \*.grx, который интегрирован в большинство современных ГИС-продуктов, в том числе — один из самых распространённых QGIS и ArcGIS. Это позволяет в короткие сроки создать слои с точностью геопривязки до 3 м, и тем самым интегрировать полученные полевые данные с существующей ГИС. Экспорт из формата \*.grx в формат \*.shp в про-

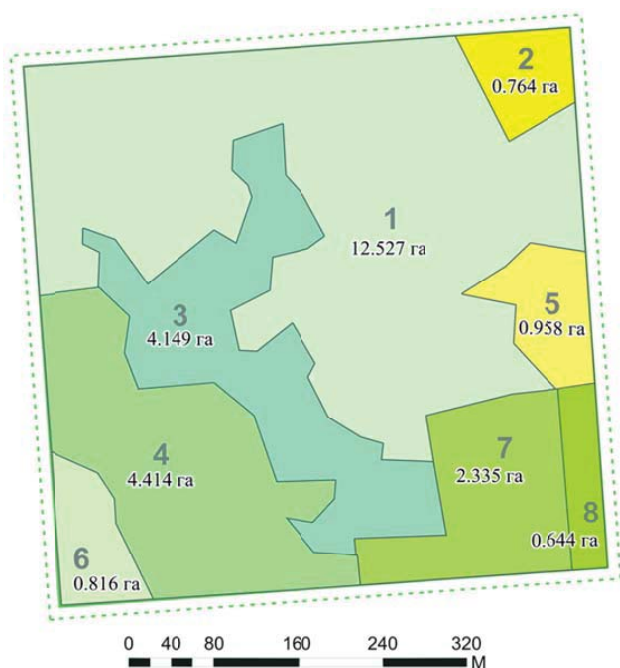


Рис. 1. Схема выделов исследуемого квартала лесхоза

грамме QGIS происходит с помощью стандартных инструментов экспорта, в программе ArcGIS — с помощью модуля "Conversion Tools" в ArcToolBox. Также возможен экспорт точечных объектов, которые соответствуют путевым точкам в навигаторе, и линейных объектов, которые соответствуют трекам в навигаторе. Следующим этапом обработки информации является присвоение гео данным атрибутивной информации и генерализация данных. Гео данные могут подкрепляться голосовыми заметками оператора и фотографическими снимками с геопривязкой, что позволяет дать качественную оценку ситуации на данной территории.

Таким образом, Magellan eXplorist 510 можно охарактеризовать как надёжный прибор, с помощью которого в краткие сроки можно интегрировать полевые данные с ГИС, с добавлением качественных характеристик в виде фото-, видео- и аудиоматериалов. Среди недостатков следует отметить снижение точности измерений в условиях



Рис. 2. GPS-навигатор Magellan eXplorist 510



Рис. 3. Геодезический GNSS-приемник Leica GS08plus

плотной лесной растительности, что впоследствии влияет на значительную потерю информации при генерализации [3].

Вторым вариантом GNSS-измерителя (высокоточный геодезический GNSS-приемник) представлен двухчастотный (L1 + L2) двухсистемный (GPS + GLONASS) приемник GS08plus фирмы Leica Geosystems (Швейцария) (рис. 3). Технические характеристики прибора приведены в табл. 1. На сегодняшний день мобильные спутниковые приемники такого класса обеспечивают максимально возможную точность измерения координат (3–5 мм) за кратчайшее время (в режиме Real Time Kinematic (RTK) для записи точки достаточно 15–20 секунд). Измерительное оборудование швейцарского производителя Leica Geosystems отличается дополнительными возможностями по организации съёмочных работ (использование карт-подложек и специализированных прикладных программ), а также имеет гибкую систему импорта/экспорта измерений в ГИС/САПР системы [4].

Для решения поставленной задачи сравнительного анализа оборудования использовалась стандартная программа «Съёмка» для координирования

отдельных точек. Среди преимуществ прибора следует также назвать возможность проводить съёмку непосредственно в нужной системе координат, задав её на приборе. Во встроенном полевом программном обеспечении прибора возможно построение линий и полигонов по съёмочным точкам, однако инструменты записи атрибутивной информации ограничены. Кроме того, задать непосредственно в приборе требуемый формат результирующего ГИС-проекта невозможно. Это связано с тем, что приборы такого класса не оперируют объектами, слоями и атрибутивными базами данных – активным элементом являются только точки координирования. Это недостаток компенсируется наличием инструментария импорта результатов измерений в форматы САПР (например \*.dxf) и ГИС (\*.shp шейп-файл), с помощью которого можно получить точечный слой локального ГИС-проекта с результатами измерений. На основе слоя съёмочных точек, импортированного в настольную ГИС-систему, осуществляется дальнейшее построение полигонов и добавление атрибутивной информации (собранный с помощью внешних носителей). В результате съёмки исследуемого квартала лесхоза были получены координаты

Таблица 1

Технические характеристики GNSS приемников

Характеристика	Magellan eXplorist 510	Leica GS80plus	Leica Zeno GIS
Каналы приема GPS	14 (GPS)	72 (GPS, GLONASS)	14 (GPS, GLONASS)
Точность GPS	3 - 5 м		< 0.4 м
Дифф. режим	WAAS	RTK	DGPS, SBAS
Тип антенны	L1 (GPS)	L1/L2 (GPS, GLONASS)	L1 (GPS, GLONASS)
Процессор	400 MHz	Freescale iMX31 533МГц ARM Core	Freescale iMX31 533МГц ARM Core
Габариты	128x65,3x36,8 мм	278x102x45 мм	278x102x45 мм
Вес	195 г.	2800 г.	740 г.
Тип батареи	AA ( 2шт.)	Li-Ion, 2600 мАч	Li-Ion, 2600 мАч
Время работы	15 часов	8 – 9 часов	8 – 9 часов
Цифровая камера	Да	Да	Да
Защищенность	IPX7	IP67	IP67
Хранение данных	2 Гб, micro SD card	1 Гб, SD card, USB flash	1 Гб, SD card, USB flash
Диапазон температур	-30 до 60° C	-30 до 60° C	-30 до 60° C
Порты	USB	USB, mini USB, RS232	USB, mini USB, RS232
Bluetooth	Нет	Да	Да
Электронный компас	Да	Да	Да



77 точок в системі координат СК-42. Дальніша доработка ГИС-проекта здійснювалась камерально в програмній оболонці ArcGIS, в яку був імпортований шар (шейп-файл) з точковими результатами вимірювань. Зображення вказаного шару приведено на рис. 4. Додаткова атрибутивна інформація була внесена в шар на основі даних додаткового абриса, який велся паралельно з апаратною зйомкою. Результати вимірювань і обробки сведені в табл. 2.

Третім варіантом GNSS-вимірювача, який був включений в порівняльне дослідження, являється спеціалізований ГИС-контролер, а саме високоточний GNSS-приймач з польовим про-

грамним забезпеченням з ГИС-можливостями. Для розглянутих завдань (збір даних про просторове положення об'єктів і запис атрибутів) оптимально визначається можливість комплексного використання в одному рішенні різних вимірних методів (спутникове координування, лазерна дальнометрія, косвенні вимірювання і т.д.). Такі можливості надають програмно-апаратні комплекси (ГИС-контролери), що складаються з GNSS-приймачів, контролерів або планшетних персональних комп'ютерів з польовою ГИС, лазерних дальнометрів і цифрових фотокамер, що працюють в єдиній системі. Одним з прикладів такого обладнання є мультифунк-

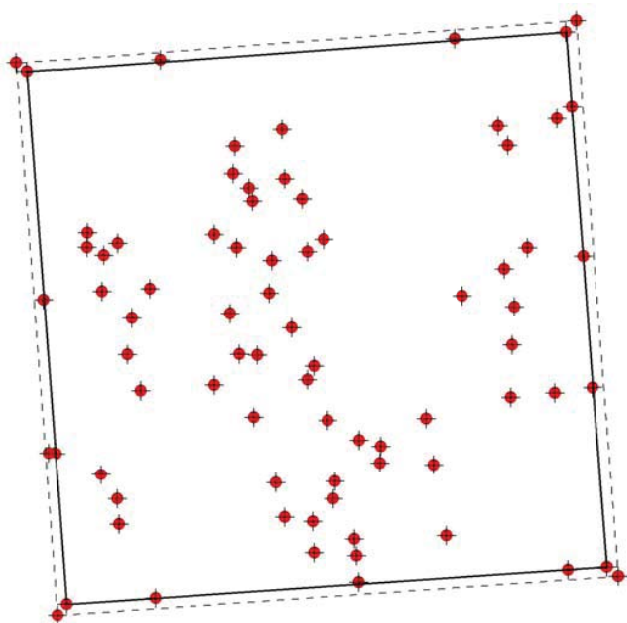


Рис. 4. Результати зйомки геодезическим GNSS-приймачем Leica GS08plus

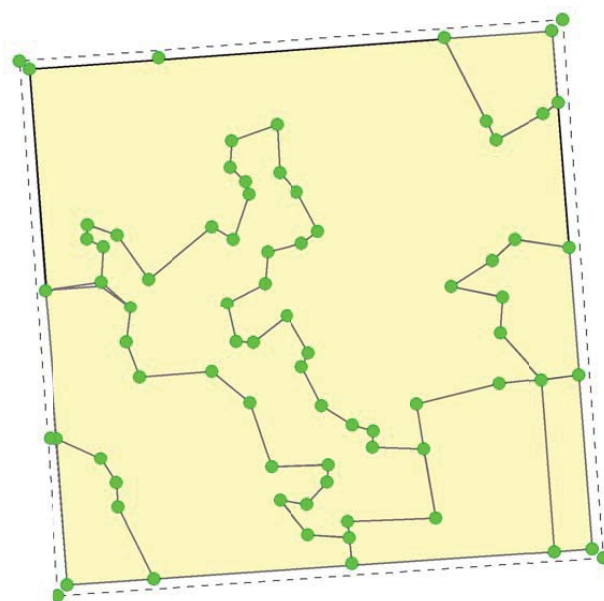


Рис. 6. Результати зйомки ГИС-контролером Leica Zeno



Рис. 5. Склад комплексу Leica Zeno GIS

циональный ГИС-контроллер Leica Zeno GIS (рис. 5) от швейцарской компании Leica Geosystems.

При решении поставленной задачи (создание локального ГИС-проекта) все требуемые слои в нужной системе координат были созданы прямо на приборе. Также во время съёмки можно создавать и настраивать различные атрибутивные поля, привязанные к точкам и объектам. Таким образом, нет

необходимости дополнительно вести абрис и фиксировать атрибутивные данные. Также преимуществом является возможность использовать в качестве подложек различные векторные и растровые карты. Так, координатно привязанная скан-копия старой бумажной карты квартала использовалась для общего ориентирования на местности. Что касается спутниковых измерений координат, то воз-

Таблица 2

## Результаты полевых GNSS измерений и обработки данных

Показатель	Magellan eXplorist 510	Leica GS80plus	Leica Zeno GIS
Кол-во точек	77	77	77
Среднее время записи точки	1 мин.	20 сек.	3 мин.
Средняя точность измерений	9 м	1 см	75 см
Способ сбора и добавления атрибутов	Сбор с помощью дополнительных носителей	Сбор с помощью дополнительных носителей	В приборе, используя встроенный инструментарий
Дополнительные средства сбора и обработки данных	Абрис, внешние носители для записей, ПО QGIS, ПО ArcGIS.	Абрис, внешние носители для записей, ПО ArcGIS.	–
Способ построения полигонов	При постобработке в камеральной ГИС	При постобработке в камеральной ГИС	В приборе, используя встроенный инструментарий
Способ сведения результатов в нужный формат	Экспорт данных из внутреннего формата прибора, конвертация в *.shp в стороннем ПО, импорт в ArcGIS и камеральная доработка проекта	Экспорт данных из внутреннего формата прибора в *.shp, импорт в ArcGIS и камеральная доработка проекта	Данные в нужном формате непосредственно импортируются в ArcGIS без необходимости дополнительной доработки
Этапы создания ГИС	3 этапа (съёмка, импорт в ГИС, камеральная доработка)	3 этапа (съёмка, импорт в ГИС, камеральная доработка)	2 этапа (съёмка, импорт в ГИС)
Общее время полевых измерений	8 ч.	7 ч	10 ч
Общее время создания проекта	10 ч	9 ч.	10 ч

возможности аппаратной части (одночастотный GPS-приемник) позволяют фиксировать координаты с точностью до 40 см в дифференциальном режиме. Полученная на практике точность составила в среднем 60-100 см, так как условия леса являются крайне неблагоприятными для спутниковых измерений. Для достижения указанного уровня точности достаточно находиться в точке измерений 2-3 мин. При съемке точек программный инструментариий позволяет добавлять все атрибутивные данные и автоматически привязывать цифровые фотографии ключевых объектов, сделанные встроенной в контроллер камерой. Результирующие полигоны, соответствующие выделам в квартале, строятся прямо на приборе в отдельном слое на основе ранее отснятых точек или непосредственно по текущим спутниковым измерениям [5]. Непосредственно в полевых условиях прямо на приборе мы получаем результирующий локальный ГИС-проект, включающий заданное количество слоев нужного содержания. Кроме того, ГИС-проект содержит нужный набор атрибутов заданного формата, в том числе – дополнительную информацию (например, цифровые фотографии). Каждый слой в формате \*.shp хранится в общей папке слоёв ГИС-проекта на приборе. Важно, что нет необходимости конвертации данных для передачи в общую ГИС, а дополнительная обработка данных осуществляется элементарными приемами.

Изображение слоев, полученных с помощью ГИС-контроллера, показано на рис. 6, а все результаты измерений и обработки сведены в табл. 2.

Ниже представлены технические характеристики всех примеров оборудования, использованного в ходе исследования.

**Результаты.** Исходя из поставленных задач и полученных результатов измерений, можно сделать следующие выводы. По параметрам простоты использования лучшие показатели у ручного на-

вигатора, однако точность результатов измерений (9 м) не удовлетворяет требованиям в большинстве рассматриваемых практических задач. Кроме того, сбор атрибутов и приведение результатов к нужному формату требует дополнительных технических и программных средств. Это усложняет достижение необходимого результата и увеличивает общее время работы над созданием локального ГИС-проекта. Этот же недостаток относится к классу геодезических GNSS-приемников. Но их преимуществом над предыдущим примером является максимальная точность в сочетании с высокой скоростью измерений, что позволяет считать приборы этой группы лучшим универсальным инструментом для координирования. Необходимость в дополнительных средствах и приемах обработки данных для ГИС усложняет использование таких высокоточных спутниковых измерителей и остаётся значительным недостатком для рассматриваемой специфической сферы.

В последнем же случае (ГИС-контроллер) мы имеем измерительное средство, которое само, по сути, включает ГИС-компоненту и позволяет осуществлять весь спектр работ и операций, характерных при построении ГИС, прямо в полевых условиях с использованием спутникового позиционирования. Учитывая допустимую точность координирования и полную автоматизацию обмена данными с камеральными ГИС системами, в сочетании с широким спектром дополнительных встроенных инструментов сбора атрибутивных данных, можно сказать, что спутниковые измерительные ГИС-контроллеры на сегодняшний день являются наиболее оптимальным программно-аппаратным решением для создания и актуализации локальных ГИС-проектов.

**Рецензент – кандидат географических наук,  
доцент О. С. Третьяков**

### Литература:

1. Bonham-Carter G. F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. – New York: Elsevier Science, 1994. – 398 p.
2. Jones C. Geographical Information Systems and Computer Cartography. Longman Limited. – 1997. – 319 p.
3. Ефременко П. Е. Специализированное GNSS-оборудование для сбора ГИС-данных. / П. Е. Ефременко, А. И. Горб // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – 2011. – Вип. II (22). – С.82-86.
4. Лебедев П. П. Теория и методы кадастрового картографирования с применением географических информационных систем (ГИС) / П. П. Лебедев, В. П. Раклов // Итоги науч.-исслед. Работы ГУЗ в 1996-2000 гг. – М.: ГУЗ. – 2001. – Т.6. – 128 с.
5. Шевченко М. В. Применение ГИС-технологий в исследованиях структуры дневной поверхности (на примере долины р. Волчья). / М. В. Шевченко // Материалы второй международной науч.-практ. конф. 28-30 окт. 2010 г. // Отв. ред. Л. М. Ахромеев. – Брянск: Курсив, 2010. – С. 263-267.

УДК 556.51+004.9

С. В. Костріков, К. Ю. Сегіда

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна



## ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РОЗПОДІЛЕНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В статті подається методологічний підхід щодо розподіленого гідрологічного моделювання через ГІС-засоби. Обговорюються загальні особливості гідрологічного моделювання в середовищі геоінформаційного програмного забезпечення. Розглядаються два типи розподілених моделей, які використовуються для відтворення гідрологічного компоненту середовища водозбірних басейнів. Подаються окремі ключові принципи розподіленого моделювання через геопросторові дані. У авторському програмному забезпеченні наводиться структура програмного інтерфейсу для обох моделей. В загальному вигляді визначаються перспективи створення гідрологічної інформаційної системи.

**Ключові слова:** розподілена гідрологічна модель, гідрологічний режим водозборів, водозбірний басейн, геоінформаційний підхід, повінь та паводок, руслові витрати, програмний інтерфейс гідрологічної моделі.

S. Kostrikov, K. Segida

### GIS-APPROACH TO THE DISTRIBUTED HYDROLOGIC MODELING

The paper represents a research approach towards the distributed hydrologic modeling. Some fundamental peculiarities of the hydrological modeling within the GIS-environment have been discussed. Two key kinds of the distributed models have been examined as well as some fundamentals of hydrological modeling through geospatial data. Authors' original software represents the interface structure for both models outlined in the paper. The hydrologic information system creation has been defined in the general view.

**Key words:** a distributed hydrological model, watershed hydrology, watershed, GIS-approach, spring and summer floods, channel discharge, hydrologic model software interface.

С. В. Костриков, Е. Ю. Сегіда

### ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАСПРЕДЕЛЕННОМУ ГИДРОЛОГИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

В статье представлен методологический подход, описывающий распределенное гидрологическое моделирование через средства ГИС. Обсуждаются общие особенности гидрологического моделирования в среде геоинформационного программного обеспечения. Рассматриваются два типа распределенных моделей, которые используются для моделирования гидрологического компонента природной среды водосборных бассейнов. Представлены и рассмотрены отдельные ключевые принципы распределенного моделирования с помощью геопространственных данных. В авторском программном обеспечении приводится структура программного интерфейса обеих моделей. В общем виде определяются перспективы создания гидрологической информационной системы.

**Ключевые слова:** распределенная гидрологическая модель, гидрологический режим водосборов, водосборный бассейн, геоинформационный подход, наводнение и паводок, русловые расходы, программный интерфейс гидрологической модели.

**Вступ.** Гідрологічні об'єкти суші із зрозумілих причин притягують пильну увагу протягом всієї сорокатишорічної історії людства. У Середні Віки люди вірили, що вода чудодійним чином рухається до земної поверхні із центру Землі. З часом була відкрита циркуляція води між різними геосферами, і зроблені перші спроби її кількісної оцінки. Так, ще у сімнадцятому сторіччі Едмонд Халлей (Edmond Halley — *англ.*) розрахував та склав загальні обсяги води у річках, що впадають до Середземного моря та визначив, що вони приблизно дорівнюють обсягам рідких та твердих опадів на територіях басейнів цих річок. Приблизно в цей самий час, французький дослідник Клод Перро (Claude Perrault — *англ.*) визначав руслові рідкі витрати у верхів'ях р. Сена і встановив, що вони складають лише шосту частину від усіх опадів на території її басейну. Він обґрунтовано припускав, що втрати пояснюються випаровуванням з території басейну й поверхні річки та інфільтрацією в ґрунт. Лише ці два короткі приклади доводять існування великої змістовної історії

впровадження кількісно-формалізованих засобів оцінки факторів формування водних ресурсів. У теперішній час такі засоби досягають певного апогею своєї досконалості у вигляді *геоінформаційних платформ та модулів ГІС-моделювання*. Сам зміст і набір чинників, які визначають сучасні багатогранні проблеми водних ресурсів, апріорі роблять *географічну інформаційну систему* (ГІС) потужним засобом відповідного сегменту природоохоронного та водоресурсного менеджменту.

Нами раніше вже доводилося, що гідрологічне моделювання режиму яружно-балкових і річкових водозборів може бути значно полегшено через ГІС-засоби, однак лише за умови їх адекватного застосування [1-3]. У першу чергу має йтися про обробку первинних даних, інтерпретацію результатів роботи модулів моделювання, заключну візуалізацію отриманої територіальної структури розподілу особливостей гідрологічного режиму. Графічний інтерфейс користувача відповідного програмного забезпечення ГІС має надавати фахівцю-гідрологу

обмежений, однак логічний доступ до усіх функціональних можливостей даного програмного забезпечення, тобто дозволити такому фахівцю бути сконцентрованим саме на впровадженні стандартних або оригінально сконструйованих гідрологічних моделей, а не на застосуванні наявних ГІС-засобів взагалі.

**Мета** цієї статті — подання і обговорення геоінформаційного методологічного підходу щодо моделювання в предметній галузі гідрології суші. Похідною впровадження цього підходу має бути створення спеціалізованого програмного забезпечення для розподіленого гідрологічного моделювання та гідрологічної інформаційної системи, яка б органічно поєднувала геопросторові та часові гідрологічні дані рядів довгострокових спостережень для ефективного просторового аналізу водних ресурсів.

Сучасний прогрес в галузі апаратного та програмного забезпечення і зростаюча доступність відповідних даних зробили можливим досить точний опис практично всіх характеристик водозбірних басейнів при моделюванні відгуку останнього на такі екстремальні метеорологічні явища як весняна повінь низькопроцентного ступеня забезпеченості або літній дощовий паводок. Застосування двоконпонентної сукупності "*просторові дані + програмне забезпечення*", тобто фактичне застосування геоінформаційної системи, вирішує задачу моделювання несприятливих природно-антропогенних процесів і явищ у межах водозбірних басейнів.

Рух води крізь водозбірний басейн здійснюється через поверхневий стік, рух у насичених та ненасичених ґрунтах та течію вниз по руслах річок та балок. Русловий стік переважним чином є функцією трьох наступних факторів: наявного обсягу води, величини схилу та показника шорсткості підстиляючої поверхні. Геоінформаційні моделі, які будуть обиратися для відтворення гідрологічного компонента довкілля водозборів мають, на нашу думку, у першу чергу прогнозувати: 1) регулярні витрати води у руслах та пікові витрати від весняних повеней та літніх дощових паводків; 2) глибини в зонах затоплення від повеней та паводків; 3) здатність руслового потоку до розмиву підстиляючої поверхні; 4) транспортуючу здатність руслового потоку щодо твердого матеріалу.

Таким чином, серед входних параметрів вказаних моделей повинні бути: 1) шорсткість підстиляючої поверхні та гідравлічний показник відносного опору потоку; 2) фізичний показник кількості руху води; 3) показник градієнта схилів по території водозбору; 4) глибини постійних і тимчасових русел; 5) характеристики ґрунтів. Ці входні модельні параметри описують процес, який доцільно визначати як *гідролого-геоморфологічний* [4]. Відповідно, у зв'язку з проблемами дослідження екстремальних гідрологічних явищ на водозборах та через гостру потребу переходу до проектування протиерозійних заходів шляхом комп'ютерного моделювання гідро-

лого-геоморфологічного процесу за цифровими моделями рельєфу, виникає потреба у створенні алгоритмів і програм, котрі б забезпечували відтворення й апаратну симуляцію гідролого-геоморфологічного процесу.

**Деякі загальні особливості гідрологічного моделювання через ГІС-засоби.** У загальному випадку будь-яка гідрологічна модель може подаватися в середовищі ГІС або через кодування на певній мові програмування, або у вигляді електронної таблиці форматів відомих баз даних, офісних додатків та іншого спеціалізованого програмного забезпечення. Електронні таблиці із наборами гідрологічних даних достатньо широко використовувалися у перших ГІС-додатках переважно *регіональних* гідрологічних моделей [5]. Сучасні гідрологічні додатки, що розроблені під найбільш поширену у світі ГІС-платформу *ArcGIS* — наприклад, програмне забезпечення *ArcHydro* — значно полегшують роботу із електронними таблицями, оскільки персональна база геоданих (ПБГД) цього програмного забезпечення міститься у файлі *MS Access*. А оскільки офісні додатки зрозумілим чином підтримують зв'язок між *MS Access* та *MS Excel*, то користувач має змогу легко переглядати та маніпулювати електронними таблицями гідрологічних моделей через зручний інтерфейс офісного додатку *MS Excel* [6].

Закодовані через формалізовану алгоритмічну мову гідрологічні моделі здатні, як правило, відбивати різноманітні гідрологічні процеси та можуть бути застосовані до будь-якого географічного місцеположення. Найбільш відомі із таких моделей були розроблені ще у 60-70 рр. минулого сторіччя, успішно використовувалися протягом десятиріч і були згодом імплементовані у програмне забезпечення із появою потужних засобів обчислювальної техніки. Йдеться, перш за все, про так звані гідролого-гідравлічні моделі *HEC-1* та *HEC-2*, які успішно використовувалися для такої найскладнішої задачі як прогноз зон затоплення від повеней та паводків [7, 8]. По мірі того, як розроблялися нові підходи щодо вдосконалення програмного та апаратного забезпечення, вони впроваджувалися в потужному гідрологічному та гідравлічному моделюванні, зокрема у таких симуляційних моделях як *HEC-HMS* та *HEC-RAS*. Відповідне програмне забезпечення було створене об'єктно-орієнтованою мовою програмування та спрямоване на застосування геопросторових даних у популярних гідрологічних моделях. Йдеться, наприклад, про такі системи як *HEC-GeoHMS* та *HEC-GeoRAS* [6].

Взагалі, на нашу думку, узагальнити особливості гідрологічного ГІС-моделювання можна, визначивши його наступні напрямки:

— *менеджмент гідрологічних даних* — геоінформаційна система виконує завдання із менеджменту релевантних геопросторових даних, наприклад, через створення ПБГД або корпоративної БГД в окремому випадку; тут йдеться про менеджмент даних

безпосередньо (збереження, підготовка, маніпулювання та отримання похідних даних) та про обробку просторових даних (пошаровий оверлей та буферізація);

– *забезпечення модельних параметрів* – через ГІС-засоби із цифрових моделей місцевості отримуються параметри для гідрологічного моделювання, наприклад, морфолого-морфометричні характеристики поверхні водозбору, заплави та русла;

– *впровадження візуалізації* – тут йдеться про те, що багато фахівців вважають кінцевим призначенням будь-якої ГІС подання користувачеві у візуальному форматі даних перед виконанням гідрологічного аналізу (тобто йдеться про візуалізацію попередньої базової інформації) або після виконання такого аналізу (тобто для перегляду його кінцевих результатів): наприклад, візуалізація карт річкових заплав в середовищі ГІС наочно демонструє, які площі можуть бути вражені повеннями, а застосування додаткової функціональності геоінформаційної системи надає змогу зробити ефективний кількісний аналіз як характеристик повеней, так і можливих економічних збитків у вказаних зонах;

– *моделювання особливостей рельєфу та гідрологічного режиму водозборів*, що зокрема виконує авторське програмне забезпечення, про яке детально йдеться нижче;

– *розробка інтерфейсів користувача гідрологічних моделей*, приклад чого також наводиться на основі авторського програмного забезпечення.

**Розподілені гідрологічні моделі в авторському програмному забезпеченні.** Взагалі більшість методів розрахунку й прогнозу екстремального яружно-балкового та річкового стоку ґрунтується на наступних припущеннях щодо механізмів його формування [9], із яких і треба виходити при моделюванні гідрографа стоку: 1) головна маса води надходить у річкове русло з поверхні водозбору; 2) схиллий стік починається лише після того, як інтенсивність опадів (надходження води на поверхню водозбору) перевищить інтенсивність поверхневої інфільтрації; 3) схиллий стік охоплює всю поверхню водозбору, і рух води відбувається суцільним шаром.

Під застосуванням геоінформаційного підходу до розподіленого гідрологічного моделювання (РГМ) нами розуміється впровадження модуля-аплікації ГІС, тобто групи певних програмних алгоритмів + графічного інтерфейсу користувача, що разом генерують введення інформації, яка необхідна для моделювання, однак не виконують таке моделювання безпосередньо. Додатковим ГІС-компонентом, що реалізує гідрологічне моделювання, і є РГМ, яке може бути визначене як набір тих програмних алгоритмів, котрі виконують гідрологічне моделювання на підставі розгляду водозбору як сукупності субводозборів. Останні виступають у якості компонентів розподіленої моделі, а в гідролого-геоморфологічному відношенні, як визначалося нами раніше, є частинами більшої водозбірної площі та мають власні

гірла постійного стоку. Для застосування адекватного геоінформаційного підходу тут найважливішим є системоутворююче і функціональне значення субводозборів як складових частин *гідролого-геоморфологічної системи водозбору* (ГГСВ).

РГМ річкових басейнів дозволяють робити опис просторової варіації в характеристиках водозбору і, наприклад, у характеристиках зливого стоку в залежності від визначеного шаблону моделі та її конфігурації. У цьому плані немає розходження між так званими «зосереджено-розподіленими» та «процес-розподіленими» моделями. Також не існує ніякого розходження між рівнем інтеграції (об'єднання) параметрів моделі і типу інтерфейсу, необхідного для реалізації її специфічного варіанта. Різні орієнтації при розробці подібної моделі приводять до акценту, який змінюється по окремих визначених індивідуальних компонентах моделі. Деякі моделі використовують спеціалізовані бази даних, у той час як інші звертаються до стандартизованих баз. В останні десятиріччя на зміну застосуванню громіздких емпіричних моделей, що містили дані детальних вимірів за всією площею водозбору, але були прив'язані тільки до одного, хоч і масштабного процесу чи явища, все більша перевага стала віддаватися тим моделям, що базуються на просторово розподілених даних, які, в свою чергу, відбивають взаємозв'язок багатьох, але у певних випадках – незначного масштабу, процесів [10, 11]. Перш за все, йдеться про процеси, які обумовлюються складним характером взаємодії двох ключових складових довілля водозбірного процесу – компонентів його ГГСВ: рельєфу та гідрологічного режиму [4]. У цьому відношенні нами вже неодноразово доводилося, що час релаксації геоморфологічного компонента системи водозбірного басейну (його морфології поверхні і мережі рельєфу) буде значно більшим, ніж відповідний період релаксації її гідрологічного компонента (поверхневого та руслового стоку) [12, 13]. Останнє є правомірним, перш за все, для флювіальних регіонів з розвинутою водно-ерозійною морфоскульптурою рельєфу. Таким чином, результат моделювання по матриці гідрологічного стоку – мережа рельєфу – буде відображати скоріше особливості взаємодії морфології і гідрологічного режиму водозбору в минулому, аніж тепер.

В якості першого етапу моделювання складової гідрологічного компонента ГГСВ нами впроваджувалася РГМ максимумів від талих вод, які, в основному, фізично визначаються групою метеорологічних факторів. Однак, нами приймалися до уваги посилення на те, що геометричні характеристики басейну й річки, зокрема розвиток мережі рельєфу, реально впливають на весняні максимуми [9]. Фактично йдеться про функціональний вплив геоморфологічного компонента ГГСВ на гідрологічний режим водозбору. Зрозуміло, що для ГІС-моделювання вказані характеристики будуть безпосередньо отримані із цифрової моделі рельє-

фу, що значно спрощує процедуру моделювання. Структура розвинутого інтерфейсу РГМ руслових витрат під час весняної повені, що реалізований в авторському геоінформаційному програмному забезпеченні *GIS-Module Ukrainian 1.5*, яке, між іншим, передбачає експорт результатів моделювання у повноформатну ГІС-платформу *MapInfo Professional*, подається на рис. 1.

Наведений приклад стосується моделювання руслових максимумів в усті великої балки під час активного весняного сніготанення. У регіональному аспекті дана територія належить до басейну р. Сейм, і вхідні параметри моделі відбивають місцеві фізико-географічні умови відповідної пори року, які й обумовлюють весняну повінь 1% ступеню забезпеченості. Візуалізація імовірної зони затоплення під час такої повені подається на наступній ілюстрації (рис. 2). Ця зона обумовлюється відповідними вхідними параметрами моделі (див. рис. 1), і подібний результат важко переоцінити для планування заходів щодо запобігання надзвичайних ситуацій.

Головним вихідним параметром другої РГМ – максимумів від літніх паводків – є показник руслових витрат ( $Q$ , м<sup>3</sup>/сек) 1–2% забезпеченості ( $p$ ) для певної точки поперечного перерізу (створу) річкового русла. Тобто, саме такий параметр, як і в РГМ

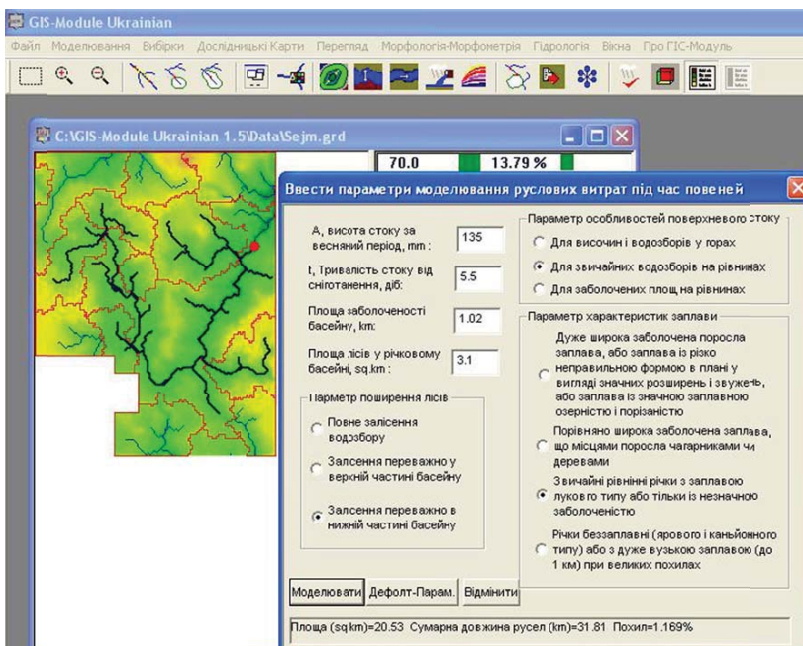


Рис. 1. Структура програмного інтерфейсу РГМ руслових витрат під час весняної повені

витрат від весняних повеней. У РГМ руслових витрат від дощових злив таким самим чином враховуються параметри тієї складової системи водозбору, яка відбувається морфолого-морфометричними характеристиками рельєфу, котрі і складали *першу групу* вхідних параметрів цієї РГМ (рис. 3). Тобто, крім залежності від домінуючого параметра – площі, також враховується зв'язок максимальних дощових витрат  $q$  із сумарною довжиною ділянок русла (від витоків до точки визначення – поперечного

створу)  $L$  і із середньозваженим похилом русла  $J$ . Друга група вхідних параметрів складається із решти гідролого-метеорологічних характеристик, наприклад, інтенсивності злив та інших ландшафтних показників. Серед останніх це, перш за все, властивості підстилаючої поверхні. Ці характеристики визначають, по-перше, ступінь набрякання схилів від дощових вод і, по-друге, час добігання цих вод по руслу до замикаючого створу. Третя група вхідних параметрів РГМ витрат від дощових злив відбуває фактори місцевого характеру: лісистість водозбору; його заболоченість; ті особливості рельєфу, що не входять до першої групи, наприклад, характеристики русла та поверхні заплави; зарегульованість русла – природна (через озера) і штучна (ставки і водосховища). Для уточнення остаточних результатів у нашій другій РГМ шукалася залежність між: 1) географічним параметром розрахунків; 2) максимальним добовим шаром опадів; 3) значенням максимальної руслової ви-

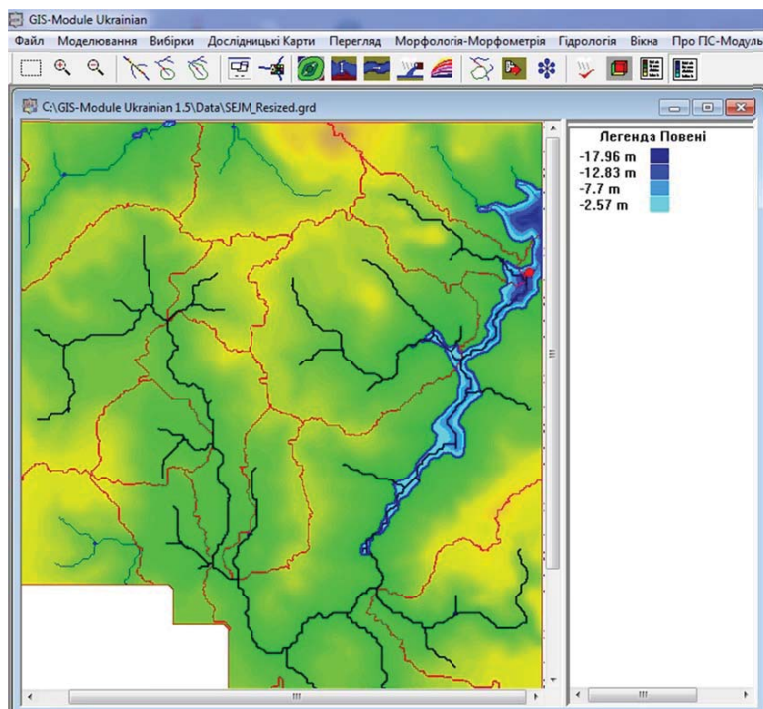


Рис. 2. Візуалізація зони повені, змодельованої через РГМ руслових максимумів

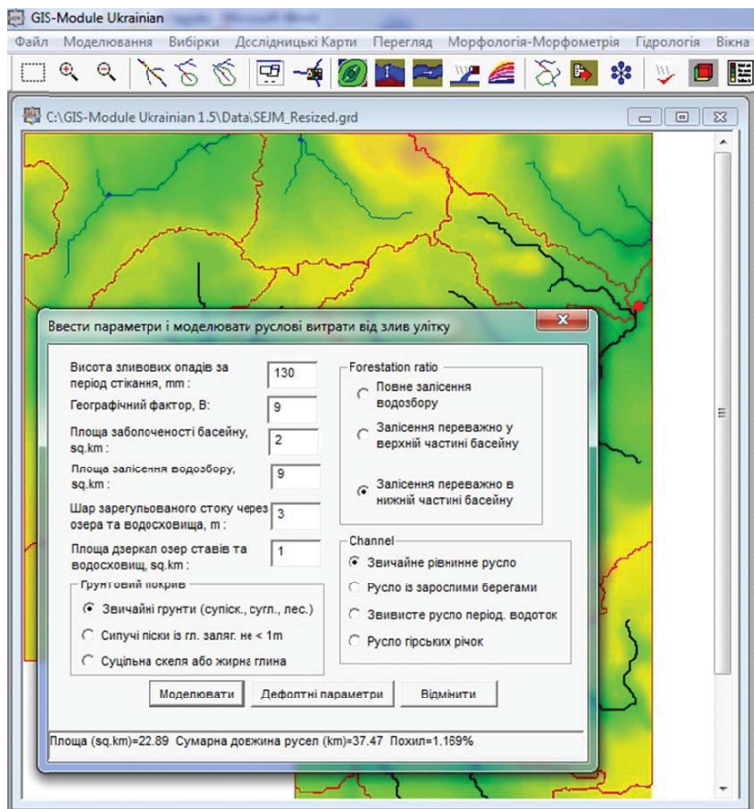


Рис. 3. Структура програмного інтерфейсу РГМ руслових витрат під час літнього зливового паводку

трати від зливи за певною емпіричною формулою; 4) значенням максимальної руслової витрати від зливи за даними спостережень. Усі ці розмірковування обумовили наступну структуру програмного інтерфейсу моделі руслових витрат від літніх дощових паводків (рис. 3).

Склад РГМ від зливового паводку, що подається на ілюстрації вище, генерує результат максимальної зливової витрати у обраному перерізі русла (відповідає червоній точці на ілюстрації):

**Перспективи створення гідрологічної інформаційної системи та висновки.** Розробка РГМ у варіантах, по-перше, щодо екстремальних гідрологічних явищ весняних повеней і, по-друге, літніх дощових паводків, врешті-решт – створення проекту гідрологічного модуля-аплікації ГІС, є двома складовими комплексної процедури впровадження розподіленого гідрологічного моделювання. Авторське програмне забезпечення, в якому реалізоване розподілене гідрологічне моделювання, має стати прообразом одного з потужних модулів, так званих «плагінів» (plug-in – *англ.*) майбутньої повноформатної *гідрологічної інформаційної системи* (ГІДІС), принципову можливість створення якої один із авторів цієї статті підкреслював у своїй нещодавній публікації [14].

ГІДІС доцільно подавати як програмно-апаратний комплекс, який обробляє певну синтетичну сукупність гідрологічних даних. Остання складається як із серій часових даних гідрологічних спостережень (і це – ключова вхідна інформація для розподілених гідрологічних моделей), так і з геопросторових даних, при цьому обидва цих типи даних підтримують гідрологічний аналіз, моделювання й прийняття рішень. Необхідно підкреслити, що існує певний синергетичний зв'язок між геопросторовими даними і часовими серіями гідрологічних спостережень, яку до останнього часу – до часу застосування ГІС-платформ – було достатньо важко виявити, оскільки, як правило, геопросторові дані й часові серії гідрологічних спостережень (наприклад, екстремальні руслові витрати) зберігалися в різних форматах та в різних архівних середовищах.

Важливі питання регіонального водоресурсного менеджменту можуть бути, на нашу думку, успішно вирішені саме через ГІДІС, за умови створення її наступної адекватної специфікації:

1) всі гідрологічні дані для цього програмного забезпечення мають бути утримані в єдиній системі географічних координат; 2) переважне подання гідрологічного компоненту географічного ландшафту має здійснюватися через векторний формат даних (точкові, лінійні та полігональні об'єкти), однак до-

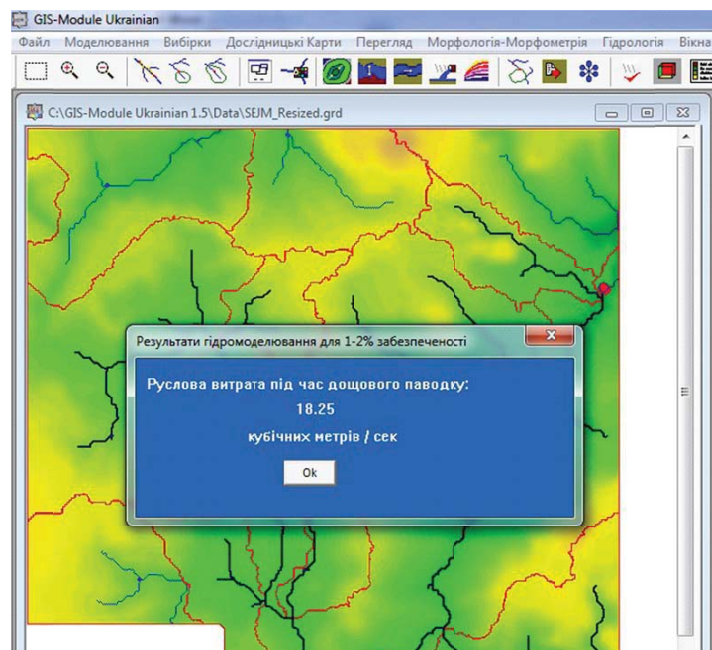


Рис. 4. Результати моделювання руслових витрат в обраному перерізі русла (відповідає червоній точці) під час зливового паводку низького ступеня забезпеченості в басейні р. Сейм



повнюватися, де необхідно, растровим форматом та поверхніми триангуляційних нерегулярних мереж; 3) відношення між ГИС-об'єктами із різних шарів даних мають бути встановлені та задіяні для визначення руху води через географічний ландшафт від одного такого об'єкту до іншого; 4) критичним є гармонічне поєднання геопросторової інформації із даними щодо часових серій гідрологічних спостережень (останні є базовою вхідною інформацією для РГМ). Таке поєднання сприятиме створенню повноформатної гідрологічної інформаційної системи.

Відповідно інших ключових положень статті доцільно зауважити, що:

- розробка РГМ у варіантах, по-перше, щодо екстремальних гідрологічних явищ весняних по-вней і, по-друге, щодо літніх дощових паводків, є двома складовими комплексної процедури впровадження розподіленого гідрологічного моделювання;
- розподілена гідрологічна модель водозбірного басейну дозволяє робити опис просторової варіації

його гідролого-геоморфологічних характеристик, наприклад, характеристик весняного та зливого екстремального стоку в залежності від визначеного шаблону моделі та її конфігурації; останні обумовлюють структуру програмного інтерфейсу для відповідної РГМ;

– функціональність та графічний інтерфейс користувача програмного забезпечення, в якому реалізоване розподілене гідрологічне моделювання, мають (і це подається на відповідних ілюстраціях структури програмного інтерфейсу двох моделей) забезпечувати на вході моделі низку ключових ландшафтних чинників, які б адекватно описували довкілля даного водозбірного басейну.

**Рецензент – доктор географічних наук,  
професор О. О. Світличний**

#### Література:

1. Костріков С. В. Про можливість моделювання гідрологічного режиму водозбору через характеристики мережі рельєфу / С. В. Костріков // Вестн. ХНУ. - 2001. - № 521: Геологія, Географія, Екологія. - С. 175-179.
2. Костріков С. В. Моделювання гідролого-геоморфологічних характеристик водозбору / С. В. Костріков, Б. Н. Воробйов // Український географічний журнал. - 2002. - № 2 - С. 43-48.
3. Костріков С. В. Про деякі ключові принципи гідрологічного моделювання при роботі із геопросторовими даними / С. В. Костріков // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. - 2012. - № 1-2. - С. 7-14.
4. Костріков С. В., Черваньов І. Г. Дослідження самоорганізації флювіального рельєфу: на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства. Наукова монографія / С. В. Костріков, І. Г. Черваньов. - Харків: Вид-во, ХНУ, 2010. - 143 с.
5. Djokic D., Maidment D. R. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with GIS. - Redlands: ESRI Press, 2000. - 125 p.
6. Maidment D. R. GIS for Water Resources. 2<sup>nd</sup> Edition - Redlands: ESRI Press, 2009. - 205 p.
7. Feldman, A. D. HEC models for water resources system simulation: theory and experience // Advances in Hydroscience. - 1981. - Vol. 12. - P. 298-396.
8. Hydrologic Engineering Center (HEC). HEC-1, 2: Flood hydrograph package. User's manual. - Davis: US Army Corps of Engineers, HEC, 1998. - 339 p.
9. Виссмен У., Харбаф Т., Кнэпп Д. Введение в гидрологию. : Пер. с англ - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 470 с.
10. Abbot, M. B., J. C. Bathurst, J. A. Cunge, P. E. O'Connell, J. Rasmussen // An introduction to the European Hydrologic System - Systeme Hydrologique Europeen. »SHE». 1: History and philosophy of a physically based, distributed modelling system.- Journal of Hydrology. - 1990. - Vol. 87 - P. 45-59.
11. Beven K.J. TOPMODEL: a critique // Hydrological Processes. - 1997. - Vol. 11. - P. 1069-1085.
12. Костріков С. В. Цифрові моделі місцевості і три напрямки в геоінформаційному моделюванні водозборів / С. В. Костріков // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. - 2002. Вип. 3. - Харків: Видавництво ХНУ, 2002. - С.49-54.
13. Костріков С. В. Формалізована модель флювіального рельєфоутворення та її реалізація в програмному забезпеченні / С. В. Костріков, Б. Н. Воробйов // Геоінформатика - GEOINFORMATIKA - 2005. - № 4. - С. 45-53.
14. Костріков С. В. Про деякі ключові принципи гідрологічного моделювання при роботі із геопросторовими даними / С. В. Костріков // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. - 2012. Вип. 1-2. - Харків: Видавництво ХНУ, 2012. - С. 7-14.
7. Роль регіональних ландшафтних парків як навчально-виховних центрів: Матеріали наук.-практ. семінару (Біостаніонар ПДПУ ім. В.Г. Короленка, 12-15 черв. 2002 р.). - Полтава: Верстка, 2002. - 152 с.
8. Ященко П.Т. Про підходи зонування території національного природного парку «Сколівські Бескиди» / П.Т. Ященко, О.Я. Надорожняк, В.О. Крамарець // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: Міжвідом. наук.-техн. зб. - Львів: УкрДЛТУ. - 2003. - Вип. 28. - С. 21-26.

УДК: 528.9:001.82

Т. М. Курач, Р. В. Олійник

Київський національний університет імені Тараса Шевченка



## ЕКСПЕРТНИЙ АНАЛІЗ ІЄРАРХІЙ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАРТ

У статті, на основі методу аналізу ієрархій Т. Сааті, запропоновано процедуру визначення пріоритету властивостей карт, які задовольняють необхідним вимогам. Матриці парних порівнянь основних властивостей карт, для всіх залучених експертів, перевірені на ступінь узгодженості, що дозволило виявити розбіжності серед експертів і, як наслідок, створити узгоджену експертну комісію з помірною тісністю зв'язку. В результаті колективного експертного оцінювання встановлено пріоритети основних властивостей карт.

**Ключові слова:** експертна комісія, колективна експертна оцінка, узгодженість експертних оцінок, критерії оцінювання.

T. Kurach, R. Oleynik

### EXPERT ANALYSIS OF HIERARCHIES OF PROPERTIES OF MAPS

Article represents the use of hierarchical analysis method of T. Saati, a procedure for definition of properties priority of maps which meet necessary conditions is offered. Pair comparison matrices of the main map properties, for all involved experts, are checked on coherence degree, allowing to reveal divergences among experts and as a result creating the coordinated expert commission with moderate narrowness of communication. As a result of collective expert estimation priorities of the main map properties are established.

**Keywords:** expert commission, collective expert assessment, coherence of expert estimates, criteria of estimation.

Т. Н. Курач, Р. В. Олейник

### ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ ИЕРАРХИЙ СВОЙСТВ КАРТ

В статье использован метод анализа иерархии Т. Саати, предложена процедура определения приоритета свойств карт, которые удовлетворяют необходимым условиям. Матрицы парных сравнений основных свойств карт, для всех задействованных экспертов, проверены на степень согласованности, что позволило выявить расхождения среди экспертов и, как следствие, создать согласованную экспертную комиссию с умеренной теснотой связи. В результате коллективного экспертного оценивания установлены приоритеты основных свойств карт.

**Ключевые слова:** экспертная комиссия, коллективная экспертная оценка, согласованность экспертных оценок, критерии оценивания.

**Вступ.** Зі значним збільшенням розмаїття створених творів та методик відображення за допомогою ГІС-технологій виникла проблема ідентифікації карт, класифікації та оцінювання множини геозображень. Вона має як прикладний, так і фундаментальний характер. Фундаментальність проблем ідентифікації геозображень полягає в тому, що на даний момент немає точних методів дискретної оптимізації нетривіальних розв'язків задач будь-якої природи, у тому числі й картографічних. Прикладний аспект характеризується тим, що кількість геозображень постійно збільшується, що призводить до невпорядкованості й невизначеності в їх класифікації та ідентифікації. Процесу ефективного пошуку ідентифікації геозображень у сучасних умовах приділяється мало уваги. Тому метою даної роботи є розроблення кількісної процедури виявлення вагомості властивостей, за якими оцінюється географічна карта і геозображення будь-якого типу. Дана процедура пошуку ваги відповідних критеріїв карт розглядається на базі їх основних властивостей та ранжирування методом аналізу ієрархій Т. Сааті [5, 6].

**Вихідні передумови.** Для встановлення пріоритету властивостей географічних карт сформовано експертну комісію зі спеціалістів відповідної галузі та проведено експертне оцінювання. До найбільш

використовуваних процедур експертних оцінювань відносять: ранжирування, парне порівняння, множинне порівняння, безпосередня оцінка, послідовне порівняння, метод Терстоуна, Черчмена-Акоффа, метод фон Неймана-Моргенштерна [1, 2]. У даному дослідженні експертне оцінювання базувалося на основі методу аналізу ієрархії (МАІ).

Для оцінки пріоритету властивостей географічних карт обрано 12 властивостей, які досить докладно окреслені в монографії [3, с. 42], це: 1) просторово-часова подібність; 2) змістова відповідність; 3) абстрактність; 4) вибірність; 5) синтетичність; 6) метричність; 7) однозначність; 8) безперервність; 9) наочність; 10) читаність; 11) оглядовість; 12) інформативність. До вищезазначених властивостей додано ще три (генералізованість, система умовних позначень, наявність легенди), за допомогою яких чітко ідентифікуються карти, при цьому дві з них є «основними принципами, що визначають специфіку географічних карт: використання особливих знакових систем; відбір та узагальнення явищ» [7, с. 5]. Окремо виділено наявність легенди як обов'язкового елемента карти, що дає пояснення системі умовних позначень використаних на карті.

**Мета дослідження** – провести узгоджене експертне оцінювання основних властивостей географічних карт та оцінити їх вагомість.

**Виклад основного матеріалу.** У рамках методу [5, 6] розглянемо  $n$  об'єктів або факторів, які необхідно порівняти експертам. Головною метою експертної оцінки є визначення відносної важливості цих об'єктів.

Нехай  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – сукупність об'єктів. У рамках експертного оцінювання ці об'єкти характеризуються за допомогою позитивних чисел, відповідно  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , на наявність і ступінь прояву деякої властивості відміченою експертизою. Наприклад, число  $\omega_i$  відображає ступінь прояву (інтенсивність) розглянутої властивості у об'єкта  $A_i$ . Числа  $\omega_i$ , залежно від контексту, називають «вагою» або «інтенсивністю» об'єктів  $A_i$ . Для зручності оперують нормованими величинами  $\omega_i^*$ , які характеризуються наступною властивістю:

$$\omega_1^* + \omega_2^* + \dots + \omega_n^* = 1$$

Таким чином, при використанні нормованих величин, що  $(\omega_i^* \cdot 100\%)$  являють собою вагу об'єкту  $A_i$ , вираженого у відсотках, порівнюючи вагу кожного об'єкту з вагою інших об'єктів, утворимо тим самим матрицю відносних ваг:

$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} \frac{\omega_1}{\omega_1} & \frac{\omega_1}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_1}{\omega_n} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} & \frac{\omega_2}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_2}{\omega_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\omega_n}{\omega_1} & \frac{\omega_n}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_n}{\omega_n} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Матриці відносних ваг характерні наступні вла-

стивості:  $a_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j} > 0$ , для всіх  $i$  й  $j$ , тому що всі  $\omega_i > 0, \omega_j > 0$ .  $a_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_i} = 1$  для всіх  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Матриця  $A$  обернено симетрична, а саме  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ .

Матриця  $A$  має властивість спільності, а саме

$$a_{ij} a_{jk} = \frac{\omega_i}{\omega_j} \frac{\omega_j}{\omega_k} = \frac{\omega_i}{\omega_k} = a_{ik} \text{ для всіх } i, j \text{ й } k. \text{ Якщо з}$$

ваг  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  утворити вектор-стовпець  $\omega$ :

$$\omega = \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix}, \quad (2)$$

то неважко переконатися, що має місце рівність  $A^* \omega = n^* \omega$ . Звідки

$$\begin{aligned} (a_{i1} a_{i2} \dots a_{in})^* \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix} &= a_{i1} \omega_1 + a_{i2} \omega_2 + \dots + a_{in} \omega_n = \dots \\ &= \frac{\omega_i}{\omega_1} \omega_1 + \frac{\omega_i}{\omega_2} \omega_2 + \dots + \frac{\omega_i}{\omega_n} \omega_n = n^* \omega_i, \end{aligned}$$

що збігається з  $i$ -им компонентом вектора, розташованого в правій частині співвідношення. Виконання рівності означає, що число  $n$  є власним значенням матриці відносних ваг  $A$ , у той час як  $\omega$  є власним вектором, що відповідає цьому власному значенню. В лінійній алгебрі число  $\lambda$  називають власним значенням матриці  $A$ , а ненульовий вектор-стовпець  $x$  – власним вектором, що відповідає власному значенню  $\lambda$ , якщо має місце рівність

$$A^* x = \lambda^* x \quad (3)$$

Власне значення матриці  $A$  знаходять з так званого характеристичного рівняння

$$|A - \lambda^* E| = 0, \quad (4)$$

де,  $|A - \lambda^* E|$  – визначник відповідного матричного виразу, а  $E$  – одинична матриця. Характеристичне рівняння (3) для матриці  $n$ -го порядку являє собою алгебраїчне рівняння  $n$ -го ступеню. Отже, матриця  $A$  порядку  $n$  має  $n$  комплексних власних чисел, які є коренями відповідного характеристичного рівняння. Для матриці відносних ваг, що має відповідні чотири розглянуті вище властивості, можна довести наступне положення. Матриця відносних ваг  $A = (\omega_i / \omega_j)$  має лише два дійсних власних значення:  $n$  та  $0$ . Якщо позначити  $\lambda_{\max} = n = \max\{n, 0\}$ , то відповідно (3) можна представити у вигляді

$$A \omega = \lambda_{\max} \omega \quad (5)$$

Рівність (5) є основою для подальшого математичного оброблення й інтерпретації експертних оцінок у рамках методу аналізу ієрархій.

На практиці, при проведенні експертного оцінювання, дуже важко одночасно порівняти властивості всієї групи об'єктів  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , яких може бути досить багато, і надати їм відповідні ваги  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ . Набагато легше порівнювати об'єкти попарно, характеризуючи їх за допомогою будь-якої шкали оцінок ступеня переваг одного об'єкта над іншим. Схема попарного порівняння об'єктів широко використовується в різних методах експертного оцінювання й приводить до побудови матриці парних порівнянь

$$A^* = (a_{ij}^*) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}.$$

Заповнюючи елементи цієї матриці, при парному порівнянні, експерти ще не знають всього набору чисел  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , як ваг об'єктів. Їх завдання саме й полягає в тому, щоб визначити їх згодом. При парному порівнянні матриця заповнюється числами

$A = (\omega_i / \omega_j)$  які характеризують відносну перевагу (важливість, вагу) об'єкта  $A_i$  над об'єктом  $A_j$ , у той час як власна вага цих об'єктів  $\omega_i, \omega_j$  поки що не визначена. Для визначення чисел  $a_{ij}$  необхідно утворити шкалу, за якою буде оцінюватися перевага одного об'єкта над іншим при їхньому попарному порівнянні. Для експертного оцінювання прийнята 9-бальна шкала, запропонована автором методу аналізу ієрархій Т. Сааті [5, 6].

Матриця парних порівнянь заповнюється у такий спосіб. Об'єкт  $A_1$  порівнюють із усіма іншими  $A_2, \dots, A_n$ , заповнюючи послідовно перший рядок матриці. Потім об'єкт  $A_2$  порівнюють з усіма іншими, заповнюючи другий рядок числами  $a_{ij}$ , визначеними за шкалою відносної ваги й так далі.

Якщо вага об'єкта  $A_i$  дорівнює вазі об'єкта  $A_j$ , то згідно шкали  $\hat{a}_{ij} = 1$ . Якщо вага об'єкта  $A_i$  більша ніж вага об'єкта  $A_j$ , то у відповідності зі шкалою експерти визначають ступінь переваги, що виражається в балах, причому  $\hat{a}_{ij} > 1$ . Якщо навпаки, вага об'єкта  $A_i$  менша ніж вага об'єкта  $A_j$ , то за шкалою задається оцінка  $\hat{a}_{ij} < 1$ .

За правилами заповнення матриць парних порівнянь повинні виконуватись умови:

1)  $\hat{a}_{ij} = \omega_i / \omega_j > 0$  для всіх  $i$  й  $j$ , тому що всі оцінки позитивні (більше нуля).

2)  $\hat{a}_{ij} = \omega_i / \omega_j = 1$  для всіх  $i = 1, 2, \dots, n$ .

3) Елементи матриці  $\hat{A}^*$  мають зворотну симетрію, а саме  $\hat{a}_{ij} = 1/a_{ji}$  інакше кажучи, якщо перевага об'єкта  $A_i$  над об'єктом  $A_j$  оцінюється за шкалою, наприклад, в 5 балів і  $\hat{a}_{ij} = 5$ , то зворотне співставлення об'єкта  $A_j$  з  $A_i$  повинне автоматично давати оцінку  $a_{ji} = 1/5$ .

Очевидно, що при заповненні матриці парних порівнянь зручно визначати тільки ті елементи, що стоять вище діагоналі. Діагональні елементи дорівнюють одиниці, а елементи під діагоналлю, відповідно наведених умов, визначаються автоматично. Необхідно звернути увагу на те, що матриця парних порівнянь має всі властивості матриці відносних ваг у схемі ідеального порівняння, крім четвертого. Таким чином, вона не володіє, в загальному випадку, властивістю спільності  $\hat{a}_{ij} a_{jk} = a_{ik}$ . Це відбувається через те, що експерти не знають точно вагу об'єктів  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , а оперують лише їхніми відносними значеннями  $a_{ij}$ . Використовуючи метод аналізу ієрархій за допомогою парних порівнянь знаходимо відносний ступінь взаємодії елементів (основних властивостей карт) на кожному ієрархічному рівні або перевагу одних елементів відносно інших. Цим порівнянням була надана чисельна оцінка. При розгляді та порівнянні властивостей карт, необхідно прагнути до того, щоб декомпозиція була доведена до такого рівня, на якому парні порівняння виконувались компетентними у даній області фахівцями. До складу експертної комісії були залучені фахівці картографи і географи. Саме на основі отриманих експертних оцінок вищевказаних фахівців і було

побудовано матрицю порівняння основних властивостей географічних карт (табл. 1).

У табл. 1 кожний елемент матриці, що відповідає експертній оцінці, визначається як результат порівняння двох відповідних характеристик у вигляді «розумних» (взаємно обернених) чисел. Для визначення цих чисел використовувалась спеціальна шкала порівнянь, яка дозволяє привласнювати чисельні оцінки, що характеризують перевагу одного елемента досліджуваної системи над іншим.

Для кожної матриці порівнянь (13 експертів) було визначено оцінку узгодженості експертних суджень. Якщо умова узгодженості не виконувалась, то на даному конкретному ієрархічному рівні повторно проводилась процедура експертного оцінювання. Після цього на кожному ієрархічному рівні було побудовано вектор пріоритетів, що визначається коефіцієнтами важливості для кожного рівня. Як міра відхилення реальної схеми від ідеальної, використовується індекс узгодженості, який визначено за формулою:

$$I_y = \frac{\lambda_{\max}^* - n}{n - 1} \quad (6)$$

Якщо  $I_y \leq 0,2$ , то вважається, що розбіжність між ідеальною й реальною схемами порівняння перебуває в допустимих межах і отриманим результатам можна довіряти. Якщо ця умова не виконується, варто переглянути завдання, уточнити експертні оцінки й знову сформулювати матрицю парних порівнянь  $A$ .

Умова узгодженості виконується лише для 9 експертів (табл. 2), у яких індекс узгодженості  $I_y \leq 0,2$ , а в решта експертів значно перевищує допустиму межу, що означає наявність суттєвих розбіжностей між їх схемами та ідеальною схемою порівнянь, тобто матриці парних порівнянь не є достатньо узгодженими для їхнього використання в дослідженні.

Подальший аналіз експертного оцінювання пов'язаний із встановленням ступеня узгодженості суджень експертної комісії. Для аналізу застосовано коефіцієнт конкордації Кендалла, який використовується для встановлення тісноти зв'язку між довільним числом критеріїв ранжирування за формулою [4]:

$$W = \frac{12 * S}{m^2 * (n^3 - n)} \quad (7)$$

$$\text{де } S = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2$$

$n$  – кількість властивостей,

$m$  – кількість експертів,

$R_{ij}$  – ранг  $j$ -ої властивості, який присвоєний їй  $i$ -им експертом.

Коефіцієнт конкордації розраховувався виходячи з матриці рангів (табл. 3), які присвоєні експер-

Таблиця 1

Порівняння основних властивостей географічних карт (перший експерт)

*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\omega$	$\omega^*$
1	1	1	5	7	8	3	8	9	7	7	7	6	5	3	4	4,55	0,199
2	1	1	5	7	8	3	8	9	7	7	7	6	5	3	4	4,55	0,199
3	1/5	1/5	1	1	2	1/3	5	6	2	4	5	4	1	1/3	1/3	1,19	0,052
4	1/7	1/7	1	1	2	1/3	5	6	2	4	5	4	1	1/3	1/3	1,14	0,049
5	1/8	1/8	1/2	1/2	1	1/6	4	5	1	1/2	4	3	3	1/4	1/4	0,75	0,033
6	1/3	1/3	3	3	6	1	7	8	6	7	6	5	1/3	2	3	2,48	0,11
7	1/8	1/8	1/5	1/5	1/4	1/7	1	1	1/3	3	1	1/2	1/6	1/7	1/3	0,34	0,02
8	1/9	1/9	1/6	1/6	1/5	1/8	1	1	1/4	4	1/2	1/3	1/7	1/8	1/9	0,28	0,01
9	1/7	1/7	1/2	1/2	1	1/6	3	4	1	2	3	2	1/3	1/5	1/4	0,73	0,03
10	1/7	1/7	1/4	1/4	2	1/7	1/3	1/4	1/2	1	2	1	1/4	1/6	1/5	0,36	0,02
11	1/7	1/7	1/5	1/5	1/4	1/6	1	2	1/3	1/2	1	1/2	1/5	1/7	1/5	0,32	0,01
12	1/6	1/6	1/4	1/4	1/3	1/5	2	3	1/2	1	2	1	1/4	1/6	1/6	0,44	0,02
13	1/5	1/5	1	1	1/3	3	6	7	3	4	5	4	1	1/3	1	1,39	0,06
14	1/3	1/3	3	3	4	1/2	7	8	5	6	7	6	3	1	1	2,37	0,10
15	1/4	1/4	3	3	4	1/3	8	9	4	5	5	6	1	1	1	1,99	0,09
$\Sigma$	4,4	4,4	24,1	28,1	39,4	12,6	66,3	78,3	39,9	56,0	60,5	49,3	21,7	12,2	15,9	22,91	1,00

\* У табл. 1 наведено наступні властивості географічних карт: 1 – просторово-часова подібність, 2 – змістова відповідність, 3 – абстрактність, 4 – вибірність, 5 – синтетичність, 6 – метричність, 7 – однозначність, 8 – безперервність, 9 – наочність, 10 – читаність, 11 – оглядовість, 12 – висока інформативність, 13 – генералізованість, 14 – наявність системи умовних позначень, 15 – наявність легенди.

Таблиця 2

Індекс узгодженості матриць порівнянь членів експертної комісії №1

	Екс 1	Екс 2	Екс 3	Екс 4	Екс 5	Екс 6	Екс 7	Екс 8	Екс 9	Екс 10	Екс 11	Екс 12	Екс 13
$\lambda_{max}$	17,087	17,83	17,75	15,85	17,814	17,26	17,62	17,83	17,42	21,51	23,17	24,58	23,05
$I_y$	0,15	0,20	0,20	0,06	0,20	0,16	0,19	0,20	0,18	0,47	0,58	0,68	0,58

Таблиця 3

Ранжирування критеріїв за значеннями нормованого вектора

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	
Екс 1	1	2	9	10	12	3	7	15	11	13	14	6	8	4	5	
Екс 2	5	6	11	14	15	3	8	13	7	4	9	1	12	2	10	
Екс 3	1	5	14	3	2	7	15	11	12	10	13	6	9	8	4	
Екс 4	10	1	14	15	11	9	12	6	2	4	8	7	13	3	5	
Екс 5	5	4	12	13	14	8	10	15	7	6	11	2	9	3	1	
Екс 6	6	3	11	10	13	5	4	14	8	7	15	9	12	1	2	
Екс 7	4	5	10	13	12	3	9	15	8	14	11	7	6	1	2	
Екс 8	6	8	10	4	9	14	3	7	12	13	15	11	5	1	2	
Екс 9	1	2	12	6	7	3	10	14	11	13	15	8	9	4	5	
Сума рангів	39	36	103	88	95	55	78	110	78	84	111	57	83	27	36	
Відх. від сер. суми	-33	-36	31	16	23	-17	6	38	6	12	39	-15	11	-45	-36	
Квад. відх.	1089	1296	961	256	529	289	36	1444	36	144	1521	1	121	2025	1296	
<b>S</b>																<b>11044</b>

тами комісії № 2, вище згаданим 15 властивостям географічних карт.

Для формування матриці рангів використані значення нормованого вектора  $\omega^*$ , з матриць парних порівнянь складених відповідними експертами. Кожному значенню  $\omega^*$  присвоєно відповідний ранг, при цьому найбільш важлива властивість отримує ранг (оцінку) 1, наступна 2, і так у порядку зменшення ваги властивості. Метод аналізу ієрархії зокрема показав ще одну важливу перевагу над методом ранжирування, оскільки дозволив уникнути зв'язаних оцінок. Якщо експерт оцінює властивості шляхом надавання їм відповідних рангів, то можлива ситуація, коли важко розподілити деякі властивості за рангами, і окремим з них можуть бути надані однакові ранги, тобто з'являються зв'язані оцінки. МАІ дає можливість провести більш чутливий розподіл та встановлення відповідних рангів для всіх властивостей, а, отже, уникнути зв'язаних оцінок.

Коефіцієнт конкордації, який характеризує узгодженість дії експертної комісії змінюється в межах від 0 (судження експертів повністю протилежні) до 1 (судження експертів повністю збігаються). Розрахунки проведені згідно формули (7), показали що для даного дослідження коефіцієнт конкордації становить  $W=0,487$ . Значимість коефіцієнта  $W$ , оцінена за критерієм Пірсона («хі-квадрат») [1]:

$$\chi^2 = m(n-1) \cdot W$$

Оскільки розраховане значення критерію  $\chi^2$  склало 61,36, а табличне – 24,99 (для вірогідності 0,95 та для матриці 9x15), отже виконалась необхідна умова  $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл.}}$ , яка означає, що  $W$  є значимим із встановленою вірогідністю. Значення коефіцієнта конкордації 0,487 підтверджує наявність помірної тісноти зв'язку між експертами в комісії № 2.

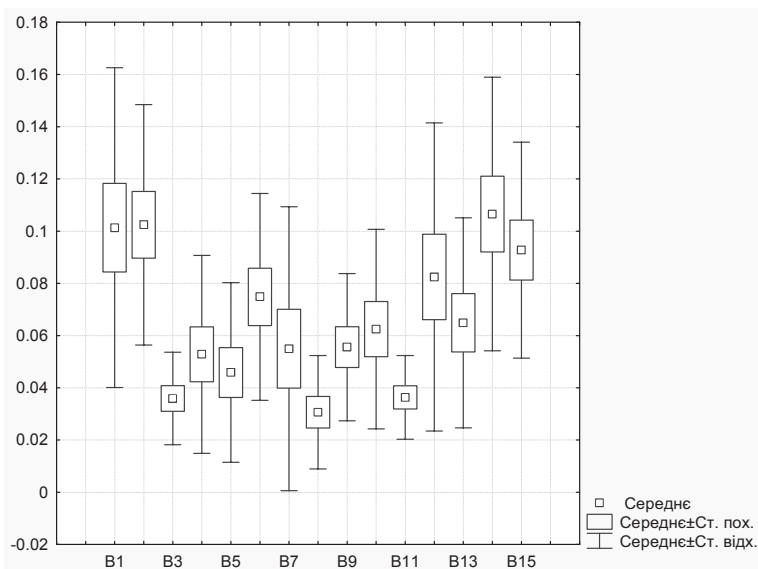


Рис. 1. Діаграма розмаху властивостей географічних карт (експертна комісія №1)

Коллективне експертне оцінювання передбачає усереднення індивідуальних оцінок експертів і така середня оцінка експертної комісії пріоритету властивостей географічних карт вважається істинною. Чим меншими від середніх значень є відхилення в значеннях індивідуальних оцінок, що призначені  $i$ -им експертом, тим вища якість даного  $i$ -го експерта, яка може бути врахована шляхом надавання йому відповідної ваги (вагового коефіцієнту).

На рис. 1 представлена діаграма розмаху для всіх вказаних властивостей, яка створена на основі оцінок експертною комісією № 1, що складається з 13 експертів. Для кожної властивості знайдено середнє значення та варіаційна статистика – стандартна похибка та стандартне відхилення.

Діаграма розмаху (рис. 1) інтерпретується як колективна експертна оцінка з варіаціями кожної властивості. Такий вид діаграми дає можливість наочно та швидко оцінити ступінь узгодженості чи варіації суджень всіх експертів щодо окремих властивостей. Як видно з діаграми, відхилення від середнього значення є доволі значними при оцінюванні наступних властивостей: B1 – просторово-часова подібність, B2 – змістова відповідність, B6 – метричність, B7 – однозначність, B10 – читаність та B14 – наявність системи умовних позначень.

Для пошуку взаємозалежностей між змінними використовуються піктографіки, оскільки вони графічно добре ідентифікуються за зовнішнім виглядом.

Піктографік «промені» подає значення змінних у вигляді відстаней між центром і кутами піктограми для виявлення характерних розбіжностей чи узгодженості думок між оцінками експертів. З піктограми (рис. 2) слідує, що оцінки 9-го та 13-го експертів найбільш наближені до оцінки комісії (середня оцінка), при цьому оцінки решти експертів є достатньо різнобічними для знаходження явної

одностайності думок. Загалом це говорить про те, що оцінювання було дійсно незалежним і незаангажованим, але у подальшому колективна співпраця потребує коригування й уточнення окремих думок експертів шляхом проведення додаткового опитування.

Основним принципом колективних експертних оцінок є обмежування розмаїття суджень експертів та вирівнювання інформативної неоднорідності між ними шляхом ітеративного підходу до формування колективної думки комісії. Після виключення з аналізу 4-х експертів, які надавали найбільшій розбалансованості колективному оцінюванню, створена нова експертна комісія (комісія № 2), для якої діаграма розмаху властивостей представлена на рис. 3. Зменшення статистичної похибки означає, що проведені уточнення методу оцінювання дали позитивний результат – більш щільна

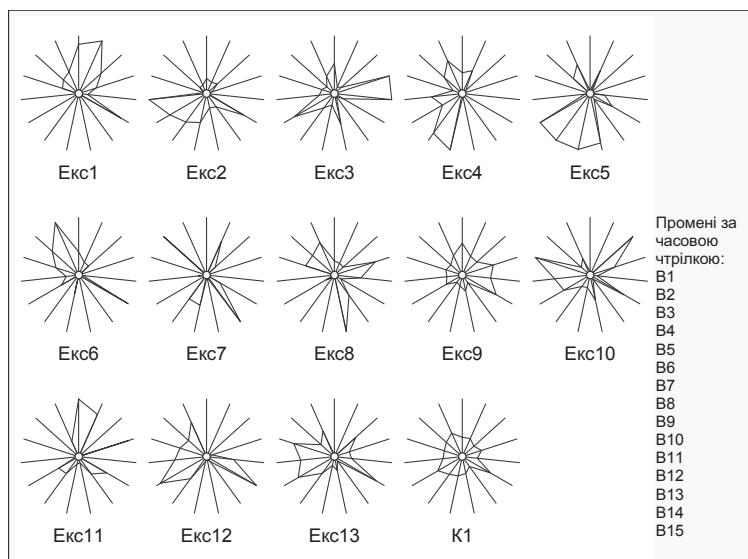


Рис. 2. Піктографіки індивідуальних експертних оцінок і комісії № 1

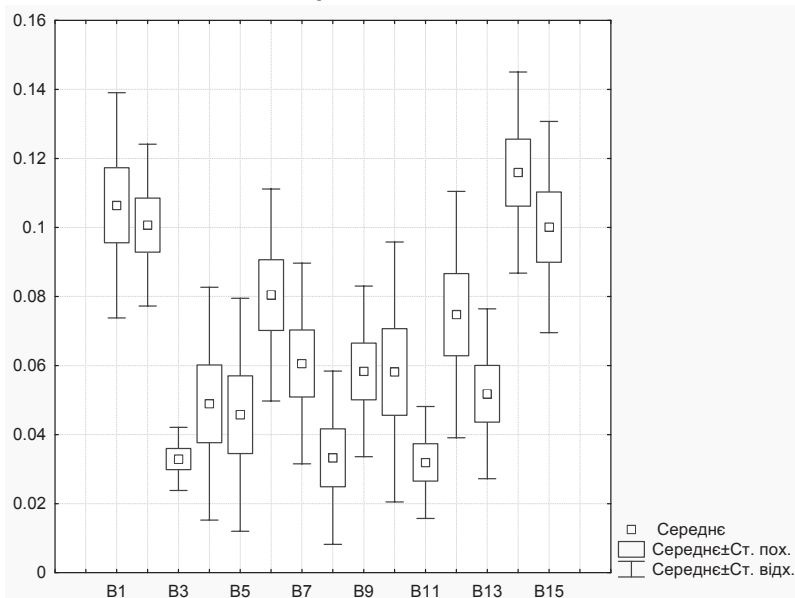


Рис. 3. Діаграма розмаху властивостей географічних карт (експертна комісія №2)

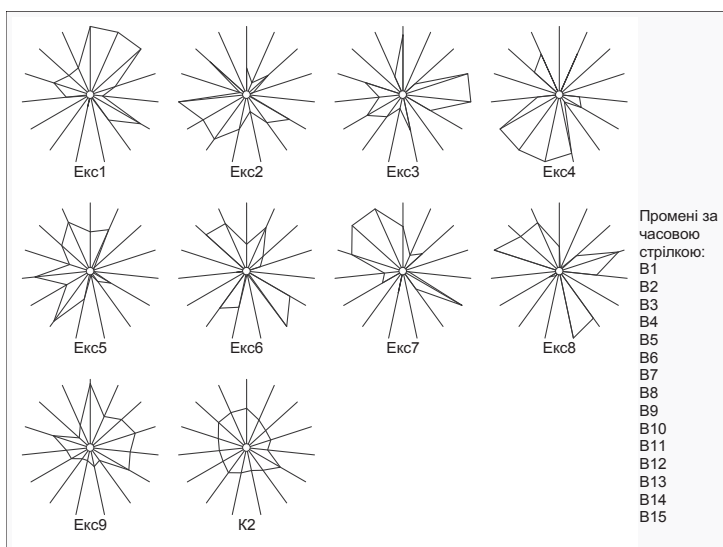


Рис. 4. Піктографіки індивідуальних експертних оцінок і комісії № 2

згуртованість оцінок навколо середніх значень, зменшення величини розмаху в представлених властивостях.

Аналіз діаграми розмаху (рис. 3), щодо кількісного розподілу значень вагових коефіцієнтів за шкалою з шагом 0,05, виявив можливість упорядкування множини властивостей у три групи. Так, до першої групи увійшли властивості – B3, B4, B5, B8 та B11 із значенням вагових коефіцієнтів 0- 0,05, що відповідають наступним властивостям карт – абстрактність, вибірність, синтетичність, безперервність, оглядовість; до другої групи – B6, B7, B9, B10, B12 та B13 із значенням вагових коефіцієнтів 0,05- 0,10, що відповідають властивостям: метричність, однозначність, наочність, читаність, інформативність та генералізованість; до третьої групи – B1, B2, B14 та B15 із значенням вагових коефіцієнтів >0,10, що відповідають властивостям просторово-часової подібності, змістової відповідності, наявності системи умовних позначень та легенди карти.

На представлених піктографіках (рис. 4), уточнених оцінок комісії № 2, прослідковується наближення до узгодженості думок у окремих експертів, наприклад, найбільш наближеним до середнього значення залишився 9-й експерт, а за рядом властивостей спостерігається узгодженість думок між 6 і 8 експертом та 2 і 4.

*Висновки та перспективи подальших пошуків.* У результаті проведених експертних оцінювань, на основі методу аналізу ієрархій Т. Сааті, встановлено ступінь узгодженості індивідуальних експертних оцінок та узгодженість експертної комісії. Аналіз узгодженості експертної комісії підтверджує наявність помірної тісноти зв'язку між експертами і сформовану експертну комісію № 2 можна в подальшому залучати до наступних рівнів колективного експертного оцінювання. Аналіз діаграми розмаху, щодо кількісного розподілу значень вагових коефіцієнтів виявив можливість упорядкування множини властивостей карт у три групи, що повинно значно спростити на наступному рівні ієрархії процедуру експертизи для експертної комісії стосовно оцінювання множини геообразень.

Рецензент – доктор географічних наук А. М. Даценко

### Литература:

1. Айвазян С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998 – 1000 с.
2. Волкова В. Н. Теория систем и системный анализ / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – М.: ИД Юрайт, 2010. – 679 с.
3. Козаченко Т. І. Картографічне моделювання / Т. І. Козаченко, А. М. Молочко, Г. О. Пархоменко; під ред. А. П. Золовського. – Вінниця, 1999. – 328 с.
4. Ромашкина Г. Ф. Коэффициент конкордации в анализе социологических данных / Г. Ф. Ромашкина, Г. Г. Татарова // Социология. – 2005. – № 20. – С. 131-158.
5. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
7. Салищев К. А. Картоведение / К. А. Салищев. – 3-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 400 с.

УДК 630 (084)

**Н. В. Мальшева, Т. А. Золина, Н. А. Владимирова, Н. Э. Райченко**

ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), Федеральное агентство лесного хозяйства России, Москва, Российская Федерация



## СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ КАРТ И ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ

Изложены методика и опыт подготовки интерактивных карт и электронного атласа информационно-справочного типа по данным государственного лесного реестра. Составление карт и атласа включает подготовку электронных карт в программной среде ArcGis Desktop версии 10 по данным отраслевых статистических наблюдений и конвертирование готовых макетов в формат SVG, пригодный для интерактивной работы с помощью веб-браузеров.

**Ключевые слова:** интерактивные карты, электронный атлас, лесное хозяйство, ГИС.

N. V. Malysheva, T. A. Zolina, N. A. Vladimirova, N. E. Rajchenko

### INTERACTIVE MAP AND ELECTRONIC ATLAS CREATION FOR THE NEEDS OF RUSSIAN DEPARTMENT OF FORESTRY

The technique and experience on creation of the interactive maps and I&R type electronic atlas based on state forest register are stated. Preparation of maps provides digital mapping by ArcGis Desktop version 10 and converting the ready frames into the SVG format fit for operations by web browsers.

Keywords: interactive maps, electronic atlas, forestry

Н. В. Малишева, Т. А. Золина, Н. А. Владимірова, Н. Е. Райченко

### СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ КАРТ І ЕЛЕКТРОННОГО АТЛАСУ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ ЛІСОВИМ ГОСПОДАРСТВОМ РОСІЇ

Викладені методика і досвід підготовки інтерактивних карт і електронного атласу інформаційно-довідкового типу за даними державного лісового реєстру. Складання карт і атласу включає підготовку електронних карт в програмному середовищі ArcGis Desktop версія 10 за даними галузевих статистичних спостережень та конвертування готових макетів у формат SVG, придатний для інтерактивної роботи за допомогою веб-браузерів.

**Ключові слова:** інтерактивні карти, електронний атлас, лісове господарство, ГІС.

**Вступление, исходные предпосылки.** Картографическое обеспечение является важнейшим информационным компонентом управления лесным хозяйством России. ГИС-технологии — современный инструментарий, который широко применяют в различных сферах деятельности во всем мире, в том числе и для информационного сопровождения управления лесным комплексом [2]. Визуализация в среде ГИС документированной информации по использованию, охране, защите и воспроизводству

лесных ресурсов в картографической форме призвана способствовать выработке более обоснованных и взвешенных решений по управлению лесным хозяйством России. Данные отраслевых статистических наблюдений сводятся по территориальным единицам управления — лесничествам, субъектам федерации и по России в целом в рамках государственного лесного реестра [3]. Ведение государственного лесного реестра осуществляют во всех регионах России органы исполнительной власти и



органы местного самоуправления, а подведомственные организации Федерального агентства лесного хозяйства обобщают информацию на федеральном уровне. До настоящего времени картографическое сопровождение и визуализация данных, внесенных в государственный лесной реестр, отсутствовали. Прикладные исследования по созданию интерактивных лесных карт и электронного атласа информационно-справочного типа способствуют решению этой проблемы.

Создание интерактивных карт — новое направление научных исследований, связывающее функциональные возможности и достоинства ГИС и Интернет-технологий [1]. На примере создания карт лесной тематики для интерактивного просмотра и реализации запросов пользователя представлены первые результаты применения в отрасли интегрированных WebGIS-технологий.

**Цель проведенных прикладных исследований и разработок:** совершенствование информационного обеспечения управления лесным хозяйством за счет практического использования ГИС для визуализации пространственных и атрибутивных данных, включая документы отраслевых статистических наблюдений, и веб-сервисов для доставки карт конечному пользователю.

Нормативно-правовая база, регламентирующая правила использования лесов, их охраны, защиты и воспроизводства, тесно связана с лесорастительным районированием ([3], статья 15). Для оценки эффективности планирования субъектами мероприятий по освоению лесов региона федеральному органу управления лесным хозяйством необходимо иметь карту лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации. Это связано с тем, что многие виды деятельности по управлению лесами осуществляются на основе лесорастительного районирования и увязаны с лесорастительными зонами и лесными районами. Создана цифровая карта лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации средствами ArcGis Desktop. Тематическое содержание подготовлено по текстовым источникам информации — перечню лесорастительных зон и лесных районов, утвержденному федеральными органами исполнительной власти. В качестве картографической основы использованы шейп-файлы цифровой Карты Мира (DCW) масштаба 1:1 000 000, находящейся в открытом доступе и предоставленной для научно-исследовательских целей дистрибьютором ArcGis Desktop согласно лицензионному соглашению.

**Изложение основного материала.** Основными территориальными единицами управления в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов являются *лесничества и лесопарки* ([3], статья 23). Их границы меняются от года к году для оптимизации структуры территориального управления в субъектах Федерации. Создана цифровая карта лесничеств и лесопарков Российской

Федерации средствами ArcGis Desktop, которая поддерживается в актуальном состоянии и ежегодно обновляется для приведения в соответствие со структурой территориального управления в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. На текущий момент карта содержит 1483 лесничества и лесопарка, образованных на землях лесного фонда, 91 лесничество, образованное на землях заповедников, и 38 лесничеств, образованных на землях национальных парков. Эта цифровая пространственная основа использована для последующего составления карт информационно-справочного типа по данным отраслевых статистических наблюдений, включая сведения государственного лесного реестра.

Для удобства работы с картами и простоты визуализации данных конечными пользователями — специалистами органов управления лесным хозяйством — избран следующий подход:

- карты для информационно-справочных целей создаются профессионально подготовленными, квалифицированными специалистами в среде ГИС на основе цифровых баз данных и содержат всю необходимую атрибутивную информацию;
- пользователь воспроизводит карты по запросам с помощью стандартных инструментов и не связан программно с ГИС.

Реализация такого подхода подразумевает учет дополнительных требований, выдвигаемых конечным пользователем:

- карты должны воспроизводиться на различных платформах, работать в популярных операционных системах (ОС) и не требовать установки программных средств ГИС;
- карты должны оставаться векторными и сохранять все свои характеристики: проекцию, масштаб, систему координат;
- должны сохраняться все преимущества карт, созданных в среде ГИС: возможность реализации пользователем запросов как к пространственным, так и к атрибутивным данным; метричность; возможность перехода от более детальной карты к менее детальной при увеличении и изменении масштаба, и наоборот; возможность работы со слоями;
- карты должны быть удобными в работе и интерактивными, т.е. содержать элементы управления и другие инструменты, применяемые в веб-картографии.

Первый опыт реализации избранного подхода получен при создании интерактивной карты лесорастительных зон, лесных районов, лесничеств и лесопарков Российской Федерации. Методика подготовки карты включала конвертирование готовых фреймов данных, созданных в среде ArcGis Desktop, в формат SVG с помощью специальной надстройки, и верстку готовых HTML-страниц со встроенными векторными картами и скриптами.

В результате проведенных операций подготовлена интерактивная карта, связанная с базой данных,

и предназначенная для просмотра Веб-браузерами и реализации запросов. Карта проста в использовании и пригодна для практической работы, позволяя:

- осуществлять навигацию по иерархической системе «Государство — федеральный округ — субъект федерации — лесничество — лесорастительная зона, лесной район» и переключение между картами субъектов и федеральных округов Российской Федерации;

- просматривать картографическую и справочную информацию по лесничествам, лесопаркам, лесорастительным зонам и районам в границах федеральных округов и субъектов Российской Федерации;

- формировать запросы по отбору пространственного объекта, интересующего пользователя, и получать справочные данные по выбранному объекту;

- изменять масштаб карты без потери качества;

- получать координаты объектов и измерять расстояние между ними;

- распечатывать карты (федеральных округов, субъектов или отдельных лесничеств/лесопарков и пр.) и справочную информацию.

Предложенный подход отличается оперативностью получения пользователем картографических и справочных данных. При этом не требуется установка каких бы то ни было специализированных ГИС оболочек, обучение сотрудников или обновление компьютерной техники. Пользователь не задумывается о том, каким образом организованы данные или как построить логическое выражение для реализации запроса, что требуется при работе в среде ГИС. Интерактивная карта управляется любыми Веб-браузерами, бесплатными или входящими в стандартный комплект поставки ОС.

В развитие избранного подхода выполнены прикладные исследования по созданию автономной (off-line) версии электронного атласа интерактивных карт по данным государственного лесного реестра. Карты, включенные в атлас, предназначены для формирования представления о ресурсной базе, составе земель лесного фонда, о других количественных и качественных характеристиках для организации управления лесным хозяйством по субъектам и лесничествам в составе субъектов Российской Федерации в границах федеральных округов. Такие карты, согласно теоретическим построениям [1], относят к картам информационно-справочного типа. Справочный характер определяется их назначением для территориального анализа данных и перспективного планирования в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, для суждения об эффективности исполнения субъектами Российской Федерации переданных полномочий по управлению лесами.

Методика подготовки электронного атласа включала следующие этапы:

- обработка данных государственного лесного реестра, содержащихся в формах отраслевой отчетности, для загрузки в программную среду ГИС;

- подготовка пространственной основы с лесничествами и лесопарками в границах субъектов по федеральным округам;

- совмещение пространственной основы с атрибутивными таблицами, содержащими сведения государственного лесного реестра, и формирование баз геопространственных данных;

- подготовка и оформление макетов карт средствами ArcGis Desktop с использованием баз геопространственных данных;

- конвертирование макетов карт (фреймов) в формат SVG. Верстка и отладка электронного атласа.

Опытные работы выполнены в программной среде ArcGis Desktop версия 10. Готовые макеты карт (фреймы) конвертированы в формат SVG, пригодный для интерактивной работы с Веб-браузерами. Конвертирование макетов карт (фреймов) осуществлено с помощью специальной надстройки для ArcGis Desktop - Mappetizer, предназначенной для Веб-картографирования и опробованной в предшествующих проектах [4]. Прикладная программа приобретена у разработчика — немецкой компании Uismedia. В документации к этому программному продукту указано, что все популярные браузеры, такие как: Internet Explorer, начиная с версии 9, Mozilla Firefox, Opera, Google Chrome — воспроизводят векторные данные в SVG формате. Вместе с тем, наиболее устойчиво с SVG работает браузер Mozilla Firefox, который имеет встроенную поддержку формата. Этот браузер предпочтительно использовать для управления картами подготовленного нами электронного атласа.

Электронный атлас включает наборы интерактивных карт, объединенные в тематические разделы и подразделы и иерархически выстроенные. Для формирования целостного представления о характеристиках лесов и организации управления лесным хозяйством регионов карты сгруппированы в 4 тематических раздела: леса и лесные ресурсы; использование лесов; охрана и защита лесов; воспроизводство лесов. Каждый раздел атласа содержит подразделы, представляющие количественные и качественные характеристики лесов, особенности их охраны, защиты и воспроизводства.

Структура подразделов атласа идентична структуре веб-сайта и представляет собой иерархическую систему HTML-страниц с внедренным в них SVG-кодом и скриптами. Пользователи имеют возможность визуализировать данные государственного лесного реестра и управлять содержанием карт атласа, а именно:

- осуществлять навигацию и переключение между разделами, подразделами атласа и картами различной тематики;

- подключать или отключать отдельные слои;

- просматривать картографическую и атрибутивную информацию по лесничествам и субъектам федерации, формировать запросы по отбору того

или иного пространственного объекта (лесничества или субъекта) и получать данные государственного лесного реестра по выбранному объекту;

– визуализировать диаграммы в динамическом режиме, воспроизводить исходную атрибутивную информацию, по которой они построены, непосредственно на карте и с помощью инструмента «Запросы»;

– изменять масштаб карт без потери качества;

– получать координаты объектов и измерять расстояние между ними.

**Выводы.** На сегодня атлас включает карты субъектов Российской Федерации и территориальных единиц управления лесным хозяйством (лесничеств и лесопарков) пяти федеральных округов - Северо-Западного, Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского.

Автономная версия атласа способствует созданию дешевого рабочего ГИС-пространства, эконо-

мит денежные средства, т. к. нет необходимости задействовать дорогостоящее программное обеспечение серверных ГИС.

В настоящее время сформировалось новое направление развития ГИС, связанное с Интернет-приложениями. Полезность симбиоза ГИС и Интернет-технологий для решения отраслевой задачи – создания интерактивных карт лесной тематики и электронного атласа – показана при выполнении настоящего исследования.

**Рецензент – проректор по учебно-методической работе Федерального Автономного Учреждения «Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников лесного хозяйства» (ФАОУ ВИПКЛХ), кандидат сельскохозяйственных наук, Вуколова Ирина Александровна**

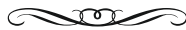
#### Литература:

1. Берлянт А. М. Картография: учебник для вузов / А. М. Берлянт. — 3-е изд., дополн. — М.: КДУ, 2011. — 464 с.
2. Данджермонд Д. ГИС помогает управлять нашим миром / Д. Данджермонд // ArcReview – Современные информационные технологии. — №1. — 2006. — С.1-2.
3. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г. N 200-ФЗ.
4. Малышева Н. В. Картографическая база данных и интерактивная карта с границами лесничеств и лесопарков для федерального уровня управления лесным хозяйством. / Н. В. Малышева, Н. А. Владимирова, Т. А. Золина, Н. Э. Райченко // ArcReview - Современные геоинформационные технологии. — №3(54) . — 2010. — С. 21-22.

УДК 528.91: 528.94

**В. А. Пересадыко**

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна



## ПРОЕКТУВАННЯ КАРТОГРАФІЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ЕКОЛОГО-ПРИРОДООХОРОННОЇ ГІС

Вивчено передумови створення баз даних екологічних ГІС. Обґрунтовано вибір моделі формування картографічної бази даних для регіональних еколого-природоохоронних ГІС. Запропоновано конкретну модель картографічної бази даних для еколого-природоохоронної ГІС Харківської області і м. Харків. Вказано на недоліки її формування і можливості реалізації.

**Ключові слова:** картографічна база даних, реляційна модель, еколого-природоохоронна ГІС.

V. A. Peresadko

### DESIGNING OF CARTOGRAPHIC DATABASE FOR CREATION OF REGIONAL ECO-ENVIRONMENTAL GIS

Preconditions of environmental GIS database creation have been studied. The choice of models for cartographic database formation for the regional eco-environmental GIS has been well-grounded. A specific model of cartographic database for environmental conservation GIS of Kharkiv region and the city of Kharkiv has been proposed. Some weaknesses of its formation and its possible implementation have been identified.

**Keywords:** cartographic database, the relational model, environmental and nature protection GIS.

В. А. Пересацько

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГО-ПРИРОДООХРАННОЙ ГИС**

Изучены предпосылки создания баз данных экологических ГИС. Обоснован выбор модели формирования картографической базы данных для региональных эколого-природоохранных ГИС. Предложена конкретная модель картографической базы данных для эколого-природоохранной ГИС Харьковской области и г. Харькова. Выявлены недостатки ее формирования и возможности реализации.

**Ключевые слова:** картографическая база данных, реляционная модель, эколого-природоохранная ГИС.

**Актуальність проблеми.** У сучасних умовах актуальність досліджень в галузі стабілізації та покращення екологічного стану довкілля є загальновізною. При цьому є необхідним комплексне, системне і систематичне урахування всіх параметрів взаємодії оточуючого природного середовища і діяльності людини, яке найбільш ефективно досягається засобами еколого-природоохоронного картографування (ЕПК). Обов'язковою умовою подальшого розвитку будь-якого напрямку тематичного картографування є застосування геоінформаційних технологій, особливо коли цей напрям є прагматичним і спрямованим на оптимізацію взаємодії в системі «природа-людина», яким, власне, і є еколого-природоохоронне картографування.

Карти і комплексні геозображення, представлені в електронному вигляді, відіграють важливу роль як засоби найбільш адекватного відображення моделі геопросторових даних та як зручний інструмент динамічного доступу до інформації та взаємодії користувача з базою геопросторових даних.

**Останні досягнення та публікації.** Можливість використання досягнень сучасної картографії та їх поєднання з перспективами, які відкриваються шляхом застосування геоінформаційних технологій у процесі створення еколого-географічних, еколого-природоохоронних, екологічних і природоохоронних ГИС досліджувалась у роботах О. М. Берлянта, Е. Л. Бондаренка, Л. М. Даценко, Т. І. Козаченко, А. М. Молочка, Г. О. Пархоменко, В. А. Пересацько, Л. Г. Руденка, С. М. Сербенюка, В. С. Тікунова, В. С. Чабанюка, В. О. Шевченка та ряду інших учених-картографів України, країн СНД та далекого зарубіжжя. Проектування регіональних екологічно орієнтованих ГИС має здійснюватись на базі використання сучасної просторово-локалізованої інформації, основу якої складають сучасні картографічні твори [6]. На думку фахівців, найбільш перспективним є створення автоматизованих картографічних систем (АКС), що функціонують у складі тематичних інформаційних систем (ИС). В свою чергу, створення ІС обов'язково потребує розробки відповідної картографічної бази даних (КБД).

**Постановка завдання.** У статті розглядається процедура проектування картографічної бази даних, як основи комплексної еколого-природоохоронної інформаційної системи (ЕПИС) на прикладі Харківської області та міста Харків.

Створення ЕПИС за умови автоматизації основних ланок процесу ЕПК дозволить: збільшити

кількість об'єктів спостереження та контролю; удосконалити оперативність збору, передачі та обробки еколого-природоохоронних даних та забезпечити ними зацікавлених споживачів (органи управління та планування, наукові організації, виробничі підприємства та ін.).

**Виклад основного матеріалу.** Відомо, що при проектуванні КБД необхідно враховувати усі фактори, що визначають як технічні можливості її формування, так і запити можливих користувачів, тобто виникає проблема різноаспектного та багаторівневого відображення даних, яка обумовлює існування і концептуального, і логічного рівнів проектування та відповідних моделей даних.

**Концептуальна модель** даних включає опис об'єктів та їх взаємозв'язків, які викликають інтерес у вибраній предметній області та виявляються в результаті аналізу даних [1, 3]. Для потреб регіонального ЕПК попередній аналіз дозволив виявити два найважливіших об'єкти тематичного картографування: а) екологічний стан регіону та його оцінку; б) заходи з оптимізації природокористування. Тобто екологічний стан будь-якої території характеризується екологією людини та екологією природного середовища [8].

Основою створення концептуальної моделі еколого-природоохоронної ГИС стали структурно-логічні моделі еколого-природоохоронного картографування, розроблені на кафедрі фізичної географії та картографії. Це сім моделей покомпонентного і комплексного підходу до процесу картографування, які охоплюють усі напрями взаємодії в системі «природа-суспільство» [5]. Картографування екології людини потребує наявності інформації про захворюваність, види захворювань та їх динаміку, природний рух та смертність населення. Таким чином, до складу КБД повинні входити дані про кількість міського та сільського населення, структуру трудових ресурсів, а також про віковий, статевий склад та природний рух населення.

Екологія природного середовища визначається станом забруднення існуючих природних компонентів: повітря, води, ґрунту, надр, рослинного та тваринного світу. По кожному з них повинні бути відомі характер, рівень та причина забруднення, що має місце внаслідок дії природних факторів і діяльності людини. Таким чином, до складу КБД має входити інформація про характер та умови діяльності соціально-економічних об'єктів: підприємств промисловості, сільського господарства та транспорту,

будівельних організацій, об'єктів лісового та водного господарства, а також соціально-економічних об'єктів неvirобничої сфери. Подібна інформація має загальну складову

- географічні координати;
- природні передумови;
- адміністративне підпорядкування;
- контролюючі органи відповідної галузі народного господарства (міністерство, відомство)

Окрім того, дана інформація має спеціальну складову, яка, в свою чергу, вміщує наступні складові:

- характер та рівень безпосереднього впливу діяльності соціально-економічних об'єктів на природні компоненти;

- можливі причини впливу, як, наприклад, порушення проектно-експлуатаційних норм, відсутність очисних споруд, недостатня потужність очисних споруд, застаріла технологія, відсутність санітарно-захисних зон, аварійні ситуації тощо.

Нарешті, з самої суті процесу картографування випливає необхідність мати інформацію про адміністративний поділ досліджуваної території. У нашому випадку адміністративний поділ Харківської області відображається у КБД інформацією про: кількість районів; кількість населених пунктів та міст обласного підпорядкування; кількість та назви інших областей, що мають спільний з Харківською областю кордон; територіальну належність соціально-економічних об'єктів до населених пунктів, районів та Рад депутатів різного рівня; контролюючі органи та їх повноваження; структуру та характер використання земель, закріплених за адміністративно-територіальними одиницями.

Дії щодо оптимізації природокористування включають як заходи з охорони, відновлення та покращення оточуючого середовища у цілому, так і окремих природних компонентів. Комплексні заходи полягають у впровадженні ресурсозберігаючих технологій, будівництві та реконструкції очисних споруд, дотриманні правил та норм захоронення відходів, підвищенні культури землеробства, раціональному (з урахуванням природоохоронних принципів) плануванню міст, організації контролю за станом оточуючого середовища. Дії з раціоналізації використання та охорони окремих компонентів природного середовища являють собою подальшу деталізацію комплексних заходів. Вся інформація про заходи з оптимізації природокористування повинна міститися у створюваній КБД.

Як видно з рис. 1 база картографічних даних включає види інформації (графічну, текстову і цифрову), які представлені у першому ряду моделі та форми подачі інформації, тобто її семантичну складову (другий ряд моделі).

На нашу думку, безвідповідальним є відображення лише констатуючої фактичної інформації. Практична цінність будь якого картографічного твору (відповідно і ГІС) полягає не лише в інформаційному забезпеченні сучасного стану довкілля,

але і у відображенні перспектив розвитку системи «природа-суспільство», тобто у моделюванні прогнозованого стану та інформації про проектовану ефективність від упровадження заходів з охорони оточуючого природного середовища. Ефективність може характеризуватися збільшенням площ зелених насаджень, покращенням якості сільськогосподарської продукції, покращенням стану здоров'я та умов життя і відпочинку людей, тощо. Потрібно враховувати також неминучу деталізацію при розгляданні окремих природних факторів. Для реалізації даного положення необхідним є налагодження системи збору інформації. Остання формується працівниками різних міністерств, відомств, комітетів, управлінь і організацій і, є, найчастіше, розрізною, не узгодженою і не систематизованою [6].

Логічна модель даних є формалізованим уявленням відповідної концептуальної моделі. При її розробці, передусім, необхідно вирішити, який тип такого роду моделей найбільш підходить для відображення наявної концептуальної моделі. Структура вибраної моделі має забезпечувати: а) задовільний опис предметної області, формалізованої за допомогою концептуальної моделі; б) ефективну реалізацію фізичної моделі [1, 3].

Найбільш поширеними моделями є мережева (модель орієнтованих графів, у якій кожен об'єкт може бути і головним і підлеглим, тобто він може брати участь у довільному числі взаємозв'язків) та реляційна (модель, у якій об'єкти взаємозв'язку представлені у вигляді таблиць (матриць)). Реляційні моделі позбавлені недоліків, характерних для мережевих моделей. Саме тому вони й обрані за основу при створенні регіональної еколого-природоохоронної ГІС.

Відомо, що банк даних ГІС складається із чотирьох взаємопов'язаних блоків – інформаційне, програмне, мовне забезпечення та технічні засоби формування. Перший і третій блоки формуються на основі картографічних знань. Інформаційні системи, форми і види представлення інформації, мова представлення інформації є не чим іншим як картографічною мовою, що враховує семантичну, прагматичну, і синтаксичну її складові (основи чого були закладені ще у середині 80-х років минулого століття) [5].

При розробці регіональної еколого-природоохоронної ГІС, наприклад Харківської області, було запропоновано наступне відношення:

- «Загальна характеристика області», де поряд з інформацією про Харківську область наведені характеристики сусідніх областей, що означатиме збільшення числа кортежів у відношенні, що розглядається;

- «Загальні характеристики адміністративних районів області». Різниця з першим відношенням полягає лише у тому, що, замість коду області, першим атрибутом буде код району, другим – його назва, а атрибут «кількість адміністративних районів» зовсім відсутній;

– «Загальні характеристики населених пунктів» має кількість кортежів, що відповідає сумарній кількості населених пунктів області та районів міста Харкова. Міста обласного підпорядкування мають значення атрибуту 4 («код району ....») і він відповідає коду області, що дозволяє, за необхідності, виділити їх серед інших населених пунктів. Для районів міста Харків, які також включені до цього відношення, згаданий атрибут має своє власне унікальне значення;

– «Ради депутатів» та «Органи контролю» будуються за однаковою схемою і мають три атрибути: *Kog Radu deputativ* (органи контролю), *Назва*, *Kog району*, де розташована Рада (орган);

– «Вікові групи населення» відображають наступні групи – дошкільнята, школярі, студенти, працюючі, люди пенсійного віку;

– «Структура земельних угідь» включена з погляду на те, що інформація про структуру та характер використання наявних земельних угідь має важ-

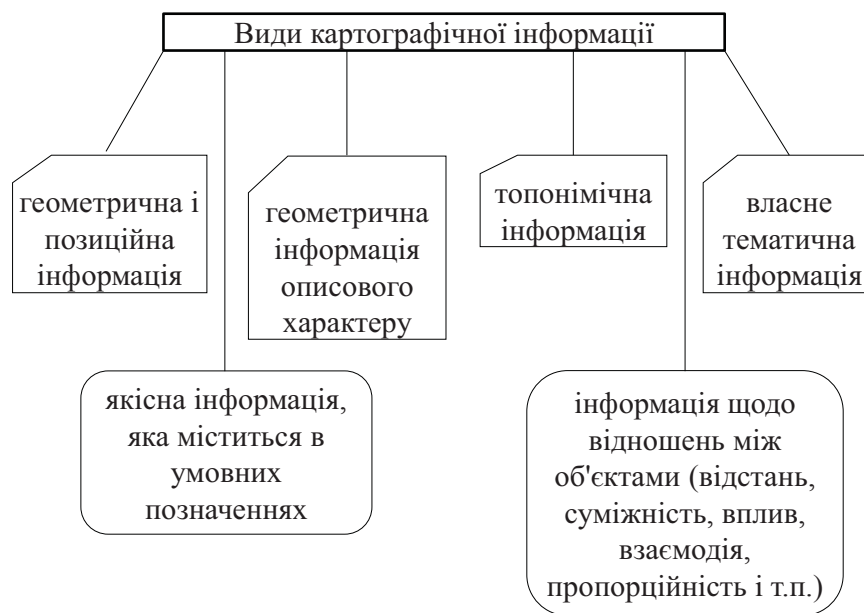


Рис. 1. Структура картографічної бази даних регіональної еколого-природоохоронної ГІС

ливе значення для аналізу екологічного стану території. Це відношення використовується для декодування, тобто встановлення назв земельних угідь за їх кодами, при роботі з відношенням «Загальна характеристика області».

Прийнята класифікація земель відповідає діючому законодавству України і включає наступні типи



Рис. 2. Структура банку картографічних даних

земельних угідь: рілля, багаторічні насадження, сіножаті та пасовища, перелоги, землі міст, селищ міського типу, сільських населених пунктів, промисловості, транспорту, зв'язку, оборони, природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення, лісового фонду, водного фонду, запасу. Можлива подальша деталізація типів земельних угідь, наприклад, серед земель водного фонду виділити річки, озера, ставки та ін.;

– «Земельні угіддя за формами власності» передає інформацію про державну, колективну та приватну форми власності;

– «Прикордонні території» – відношення характерне тільки для прикордонних територій, до яких відноситься і Харківська область і включає код області-сусіда та код держави-сусіда. Аналогічні таблиці потрібно створити і для адміністративних районів області та населених пунктів. Необхідні коди беруться з відповідних відношень;

– «Структура земель загального користування» – відношення, яке необхідне для декодування відповідних атрибутів відношення «Загальні характеристики адміністративних районів області», у складі якого представлені наступні типи даних: *типи земель загального користування* (майдани, вулиці, проїзди, дороги, парки, набережні, міські ліси, сквери, бульвари, цвинтарі, місця утилізації та розміщення відходів); *типи соціально-економічних об'єктів* (промислові, сільськогосподарські та транспортні підприємства, будівельні організації, об'єкти водного і лісового господарства та невиробничої сфери); *типи природоохоронних об'єктів* (заповідники, заказники, національні парки, природні парки, пам'ятки природи, зоологічні сади, ботанічні сади і дендрологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва) [7];

Картографічна інформація в ГІС має бути взаємодоповнюваною, всебічною і однозначною. На прикладі відношення «Загальні характеристики соціально-економічних об'єктів» перейдемо до розгляду конкретизуючих атрибутів (табл. 1). Для відображення підпорядкованості соціально-економічних об'єктів органами контролю потрібно створити нормалі-

Таблиця 1

**Загальні характеристики соціально-економічних об'єктів**

Код об'єкту	Назва об'єкту	Код галузі	Кількість працюючих	Код населеного пункту, де розташовано об'єкт	Код району	Код Ради депутатів	Географічні координати	Середня температура, °С	Середня вологість, %	Код переважачого напрямку вітрів

зоване відношення з двома атрибутами: код об'єкту та код органу контролю.

Для того, щоб описати соціально-економічний об'єкт як забруднювач навколишнього середовища, створено відношення з атрибутами, які наведені у табл. 2.

Таблиця 2

**Забруднення середовища соціально-економічними об'єктами**

Код соціально-економічного об'єкту	Код фактору на який впливає об'єкт	Код причин забруднення	Код наслідків забруднення	Рівень забруднення	Код заходу по ліквідації причин забруднення	Код гаданого ефекту

Для декодування атрибутів відношення «Забруднення середовища соціально-економічними об'єктами» створюваний КБД містить відношення, атрибути яких наведено у таблицях 3-7.

Таблиця 3

**Наслідки забруднення**

Код	Назва
01	Шум та вібрація
02	Електромагнітне забруднення
03	Радіоактивне забруднення
04	Теплове забруднення
05	Біологічне забруднення
06	Хімічне забруднення
07	Зниження урожайності сільськогосподарських культур
08	Знищення місць проживання тварин
09	Порушення фізіологічних функцій організмів тварин
10	Зникнення тварин
11	Опосередкований вплив
12	Погіршення водного режиму рік
13	Вичерпання мінерально-сировинних ресурсів
14	Погіршення стану здоров'я людей
15	Погіршення умов життя та відпочинку людей

Таблиця 4

**Об'єкти забруднення**

Код	Назва
01	Повітря
02	Вода
03	Грунт
04	Надра
05	Рослинний світ
06	Тваринний світ
07	Природний комплекс
08	Людина

Таблиця 5

## Причина забруднення

Код	Назва
01	Порушення проектно-експлуатаційних норм
02	Відсутність очисних споруд
03	Недостатня потужність очисних споруд
04	Застаріла технологія
05	Відсутність санітарно-захисних зон
06	Недостатня потужність санітарно-захисних зон
07	Аварія

Таблиця 6

## Можливі заходи ліквідації причин забруднення

Код	Назва
01	Запровадження ресурсозберігаючих технологій
02	Будівництво та реконструкція очисних споруд
03	Дотримання строків та норм викидів та скидів шкідливих речовин
04	Застосування нових видів транспорту
05	Дотримання правил та норм захоронення відходів
06	Раціональне (з урахуванням природоохоронних принципів) планування міст
07	Підвищення культури землеробства
08	Проведення рекультиваційних робіт
09	Застосування біологічних методів захисту рослин від шкідників та хвороб
10	Дотримання строків полювання та рибної ловлі
11	Організація контролю за станом навколишнього природного середовища

Таблиця 7

## Прогнозований ефект від впровадження природозахисних заходів

Код	Ефект
01	Збільшення площі зелених насаджень
02	Покращення умов мешкання тварин
03	Підвищення урожайності сільськогосподарських культур
04	Покращення водного режиму річок
05	Покращення якості сільськогосподарської продукції
06	Підвищення родючості ґрунтів
07	Зменшення площі еродованих земель
08	Підвищення коефіцієнту використання вод
09	Покращення кисневого режиму водоймищ
10	Збільшення рибних запасів
11	Підвищення економічної ефективності підприємств
12	Покращення стану здоров'я людей
13	Покращення умов життя та відпочинку

Інформація про вплив природного середовища на здоров'я людини для рівнів соціально-економічного об'єкту, населеного пункту, адміністративного району або області в цілому зберігається відповідно у чотирьох однотипних відношеннях, які відрізняються лише першим атрибутом — відповідним кодом. Решта атрибутів такі: код хвороби; кількість хворих; смертність. Зрозуміло, що для декодування атрибуту «Код хвороби» у складі КБД повинне бути відношення «Можливі хвороби», що має два атрибути: код хвороби та назва хвороби.

Основним режимом роботи ЕПІС є меню-орієнтований режим, який являє собою певну ієрархію

меню. Можливим є варіант такої ієрархії приведено на рис. 1. Власне кажучи, повинен бути приведений ще один рівень меню, на якому визначається безпосередній режим роботи ЕПІС: ведення файлів ЕПІС, побудова картографічних документів тощо. Але ми поки що розглянемо роботу ЕПІС у режимі отримання довідок-документів.

Вибір команди меню призводить до переходу на наступний рівень ієрархії меню — підменю (для конкретизації вибраного режиму або завдання його параметрів). Розглянемо по черзі підменю, що з'являються при виборі команд нижчих рівнів ієрархії.

Якщо користувач вибирає певну адміністративну одиницю в цілому, то система «пропонує» меню з лівої частини таблиці. Якщо ж вибрано рівень соціально-економічного об'єкту, то підменю матиме вигляд її правої частини.

Таблиця 8.

## Види підменю

Адміністративний об'єкт у цілому	Соціально-економічний об'єкт
Населення	Галузь народного господарства
Площа	Географічні координати
Територія – «сусіди»	Адміністративне підпорядкування
Кількість Рад	Кількість працюючих
Кількість органів контролю	Природні передумови
Кількість соціально-економічних об'єктів	Органи контролю
Структура земельних угідь	Екологічний стан
Форми власності	Заходи з оптимізації природокористування
Екологічний стан	
Заходи з оптимізації природокористування	

Зрозуміло, що вибір деяких позицій двох останніх підменю, зокрема, «екологічний стан» та «заходи з оптимізації природокористування» породжує свої підменю, в яких деталізується запит користувача.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено, що розробка регіональних еколого-природоохоронних ГІС є цілком реальною задачею, але вирішити її можна лише за умови зацікавленості владних і фінансових управлінських структур у забезпеченні населення, науковців (екологів, економістів, юристів), господарства і влади у повній, уніфікованій за регіонами, об'єктивній інформації про оточуюче нас природне середовище і антропогенний вплив на нього. Доведено і апробовано, що при розробці конкретної бази даних ГІС м. Харків і Харківської області основними об'єктами картографування мають бути екологічний стан і заходи з оптимізації природокористування, рекомендовані логічна модель даних реляційного типу для формування КБД і меню-орієнтований режим роботи ЕПІС.

Рецензент – кандидат географічних наук, професор О. О. Жемеров



## Література:

1. Геоінформаційне картографування в Україні. Концептуальні основи і напрями розвитку [Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшенко та ін.] — К. : Наук. думка, 2011 — 104 с.
2. Геоинформационные технологии в недропользовании (на примере ГИС K-MINE) / Г. И. Рудько, М. В. Назаренко, С. А. Хоменко, А. В. Нецкий, И. А. Федорова. — К.: «Академпред», 2011. — 336 с.
3. Капралов Е. Г. Введение в ГИС: Учеб. пособие. — 2-е изд., испр. и доп. / Е. Г. Капралов, Н. В. Коновалова. — М. : ООО «Библион», 1997. — 160 с.
4. Котова Т. В. Проблема согласования в традиционном и геоинформационном картографировании / Т. В. Котова, Л. Ф. Январева // Картография на рубеже тысячелетий : докл. I Всероссийской научн. конф. по картографии, 7-10 октября 1997 г., Москва. — М. : РАН. — 1997. — С. 395-400.5. Левицкий И. Ю. Методические указания по разработке и использованию структурно-логических моделей для природоохранного картографирования / И. Ю. Левицкий, В. А. Пересадыко. — Х., 1988. — 14 с.
6. Пересадыко В. А. Картографічні твори як основа створення регіональної еколого-географічної ГІС / В. А. Пересадыко // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії : зб. наук. праць. — Вінниця : Антекс-УЛТД, 2004. — Вип. 4. — С. 222-226.
7. Пересадыко В. А. Картографічне забезпечення екологічних досліджень і охорони природи. — Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2009. — 242 с.
8. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. — М. : Мысль, 1990. — 637 с.

УДК 504.064.37

О. М. Самофалова

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород



## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗУЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ САМОЗАРАСТАНИЯ КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Представлена методика и результаты изучения длительности самозарастания карьерно-отвальных комплексов на территории Старооскольско-Губкинского промышленного узла с применением методов автоматизированной классификации изображений космических снимков.

**Ключевые слова:** горнодобывающая промышленность, космоснимки, самозарастание.

**O. Samofalova**

**THE DEVELOPMENT OF DISTANCE LEARNING TECHNIQUES OF DURATION OF VEGETATION EXPANSION ON THE OPEN-CAST MINES AND DUMPS BASED ON IMAGE CLASSIFICATION OF SPACE IMAGES**

The technique and the results of the studying duration of vegetation expansion on the open-cast mines and dumps in Stary Oskol-Gubkin industrial region with application of automated image classification of satellite images are shown.

**Keywords:** mining, satellite imagery, expansion of vegetation.

О. М. Самофалова

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ САМОЗАРОСТАННЯ КАР'ЄРНО-ВІДВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ**

Представлено методику і результати вивчення тривалості самозаростання кар'єрно-відвальних комплексів на території Старооскільсько-Губкінського промислового вузла із застосуванням методів автоматизованої класифікації зображень космічних знімків.

**Ключові слова:** гірничодобувна промисловість, космоснімки, самозаростання.

**Вступление. Цель исследования.** Для комплексного изучения антропогенной трансформации геосистем необходимым является отслеживание процесса регенерации нарушенных экосистем и оценка потенциала естественного воспроизводства почвенно-растительного покрова. Поэтому целью нашего исследования является оценка длительности самозарастания карьерно-отвальных комплексов, расположенных в санитарно-защитной зоне Лебединского и Стойленского горно-обогатительных комбинатов (далее – ГОК). Объектами исследования стали карьеры по добыче железных руд Лебединского и Стойленского ГОКов, отвалы рыхлых вскрышных пород и скальной вскрыши.

Известно, что при открытой добыче полезных ископаемых на дневную поверхность извлекаются глубинные породы. Вопросами, касающимися особенностей и закономерностей восстановления растительного покрова на промышленных отвалах, занимаются Е. А. Раков (2009) [6], А. Н. Куприянов, Ю. В. Морсакова (2008 г.) [5], Т. С. Чибрик (2007) [9], Р. И. Бурда (1991) [2], В. К. Тохтарь (2003) [8], А. И. Хархота (2004) [7], А. Rostanski, G. Wozniak (2000) [11]. Особенно интенсивно биоэкологические характеристики флоры на техногенных отвалах исследуются в Украине (работы У. Б. Башуцкой (2002) [1], С. П. Жукова, О. М. Шевчук, С. А. Приходько (2004) [3], Ю. В. Ярошук (2007) [10]).

**Результаты исследований.** Для проведения исследований были отобраны шесть космоснимков спутниковой системы Landsat, охватывающих промежутки с 1988 по 2011 годы и покрывающих территорию исследования. Пространственное разрешение снимков (30 м) и количество спектральных диапазонов позволили проанализировать процесс самозарастания карьерно-отвальных комплексов Старооскольско-Губкинского промышленного узла. Следует отметить, что все снимки получены в летний период, когда покрытые растительностью участки имеют максимальные показатели вегетационного индекса на снимках. На всех отобранных космоснимках отсутствовали дефекты, связанные с работой сенсоров и погодными условиями (облачность), которые могли вызвать неверное распознавание объектов при классификации. Исследование выполнено с использованием лицензионного программного обеспечения ArcGIS 10 и ENVI 4.6.

Первым этапом стало картографирование площади отвалов, на которых проявляется самозарастание. Для решения этой задачи необходимо было получить контуры всех отвалов, на которых присутствует растительность. Границы отвалов выделены автоматизированным методом – классификацией с обучением (Supervised Classification), способом параллелепипедов. Далее, на основе отклассифицированных контуров отвалов с помощью инструмента создания масок (Build Mask), созданы маски границ отвалов, в пределах которых изучался процесс самозарастания.

Для каждого отвала рыхлой и скальной вскрыши, а также бортов карьеров, по каждому космоснимку в программном комплексе ENVI 4.6 рассчитан вегетационный индекс NDVI (Normalized Differences Vegetation Index) [4]. С помощью операции Density Slice по созданным маскам были отфильтрованы отрицательные значения вегетационного индекса, так как значения вегетационного индекса меньше нуля характерны только для невегетирующих поверхностей. Операция по фильтрации отрицательных значений индекса позволила выделить ареалы вегетирующей растительности на отвалах. После проведения ряда постклассификационных процедур (отсеивание, генерализация, сглаживающая фильтрация), за каждый исследуемый год получены слои с контурами самозарастания, которые были конвертированы в шейп-файлы и обработаны в ArcGIS 10. С помощью калькулятора поля каждому полигону в слое присвоено значение, равное единице. Затем, в специальном модуле Spatial Analyst с помощью операции «Объединение» проведено суммирование всех слоев. С помощью SQL-запроса проводили суммирование полей таким образом, чтобы учитывалась длительность развития растительности на каждом отдельном полигоне. Полученная сумма баллов характеризовала количество лет, в течение которых наблюдалось самозарастание отвалов. Векторный слой конвертирован в растр, что позволило получить карту, отражающую длительность самозарастания карьерно-отвальных комплексов Курской магнитной аномалии (КМА).

Тенденции самозарастания всех отвалов вскрышных пород практически одинаковы. Так, максимальные темпы самозарастания наблюдались в 1992–1995 гг. и в 2011 г. Это может быть связано с сокращением темпов добычи в этот период, и с тем, что в связи с разработкой карьеров вглубь темпы отсыпки отвалов рыхлой вскрыши не превышали темпов самозарастания. С 1995 г. наблюдается сокращение площади отвалов, покрытых растительностью, до минимальных значений для каждого отвала, что связано с ростом темпов добычи железорудного сырья, расширением площади карьеров и отсыпкой новых масс рыхлой вскрыши. Увеличение площади самозарастания отвалов к 2011 г. (рис. 1) свидетельствует о стабилизации темпов добычи.

Для отвалов скальных пород и бортов обоих карьеров характерна иная тенденция развития самозарастания (рис. 2).

Площади, покрытые растительностью, на отвалах скальных пород меньше, чем на отвалах рыхлой вскрыши. Это объясняется характером субстрата и постоянной отсыпкой новых масс переработанной скальной породы. Изначально отвалы скальной вскрыши формируются как техногенные месторождения, на которых целенаправленно не создаются условия для развития растительности и не проводится рекультивация. С 1995 г. на отвалах скальных пород, так же как и на отвалах рыхлой

вскрыши, наблюдается тенденция сокращения площади самозарастания. К 2002 – 2007 гг. площадь отвалов, покрытых растительностью, достигает минимальных значений за весь период исследования, что связано с увеличением объемов добычи железорудного сырья с сопутствующим увеличением общей площади отвалов скальных пород и карьеров.

Анализ карты длительности самозарастания карьерно-отвалных комплексов (рис. 3) показал, что более чем на половине территории растительные сообщества развиваются в течение четырех и менее лет.

В 2002 – 2007 гг. на крупных отвалах Стойленского карьера произведены отсыпки новых масс вскрыши, уничтожившие растительность. Вследствие этого в 2011 г. на данных отвалах зафиксированы наибольшие площади молодых растительных группировок. Наименьшие площади самозарастания наблюдаются на отвале скальной

вскрыши Лебединского карьера. Скальные породы являются неблагоприятным субстратом для заселения растительностью, кроме того отсыпка отвалов продолжается и в настоящее время. По состоянию на 2011 г. отвал окисленных железистых кварцитов покрыт растительностью только на 55 %, а в период с 2000 по 2007 гг., когда происходило расширение площади отвала, растительность покрывала всего 4 % его территории в северо-восточной части.

Наиболее зрелые растительные группировки (13 – 23 лет) могут быть обнаружены на северо-восточном и северо-западном отвалах рыхлой вскрыши Стойленского карьера. Наличие источников заселения растительности (ареалы произрастания естественной древесно-кустарниковой растительности вблизи отвалов) и благоприятный литологический состав пород способствовали ускоренному зарастанию отвала, в результате чего за пять лет (с 2007 по 2011 гг.) заросло 87 % площади. Данные

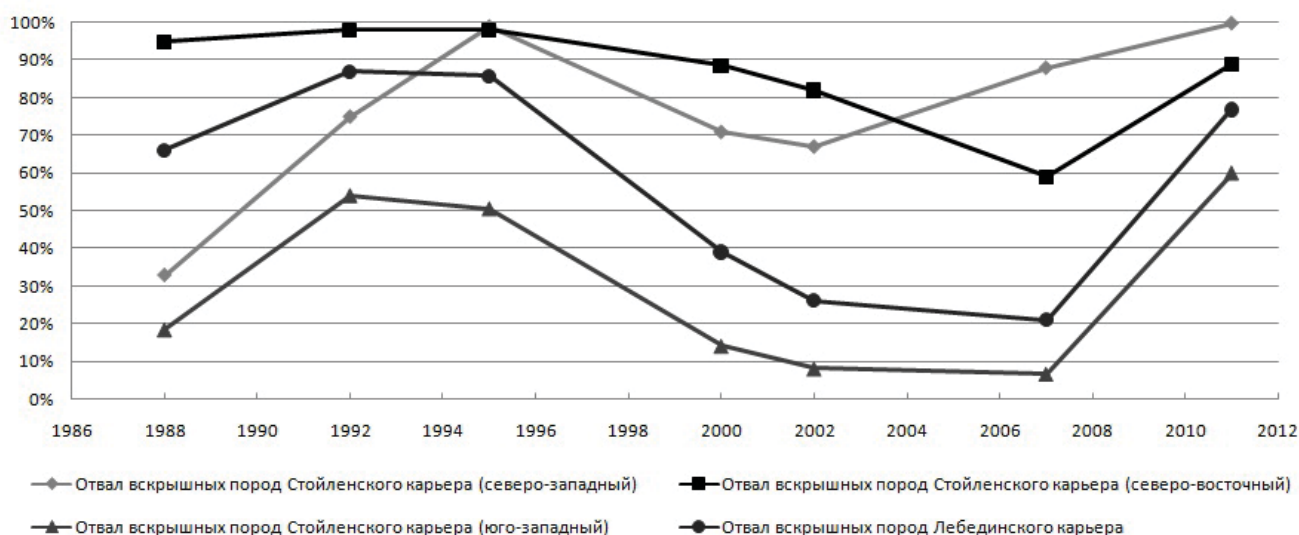


Рис. 1. Изменение доли отвалов вскрышных пород, покрытых растительностью

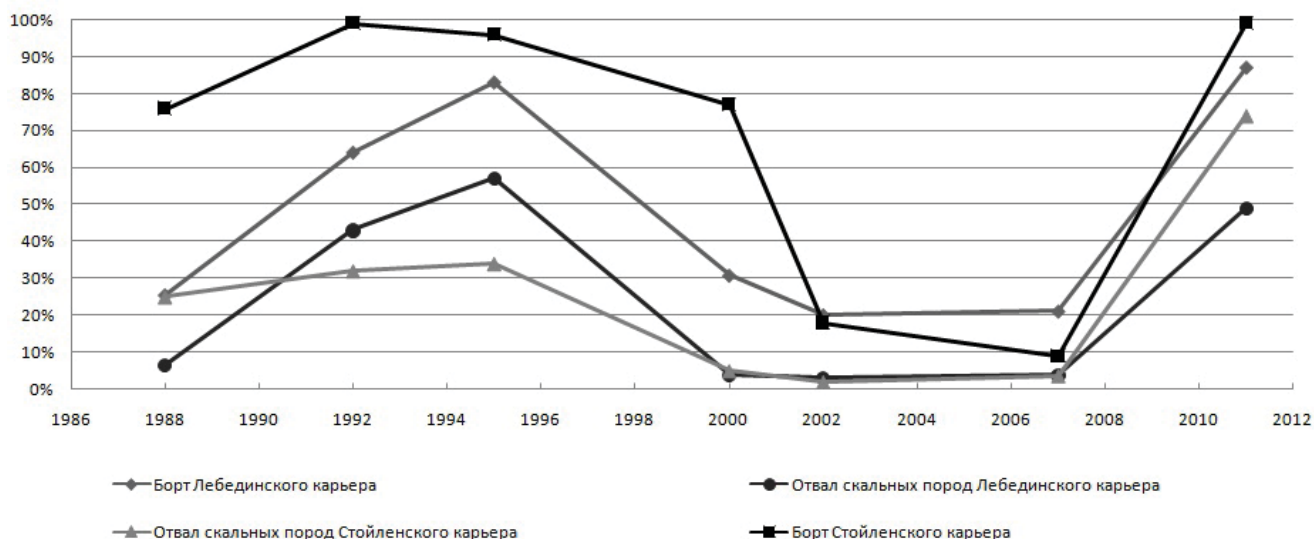


Рис. 2. Изменение доли отвалов скальных вскрышных пород и бортов карьеров, покрытых растительностью

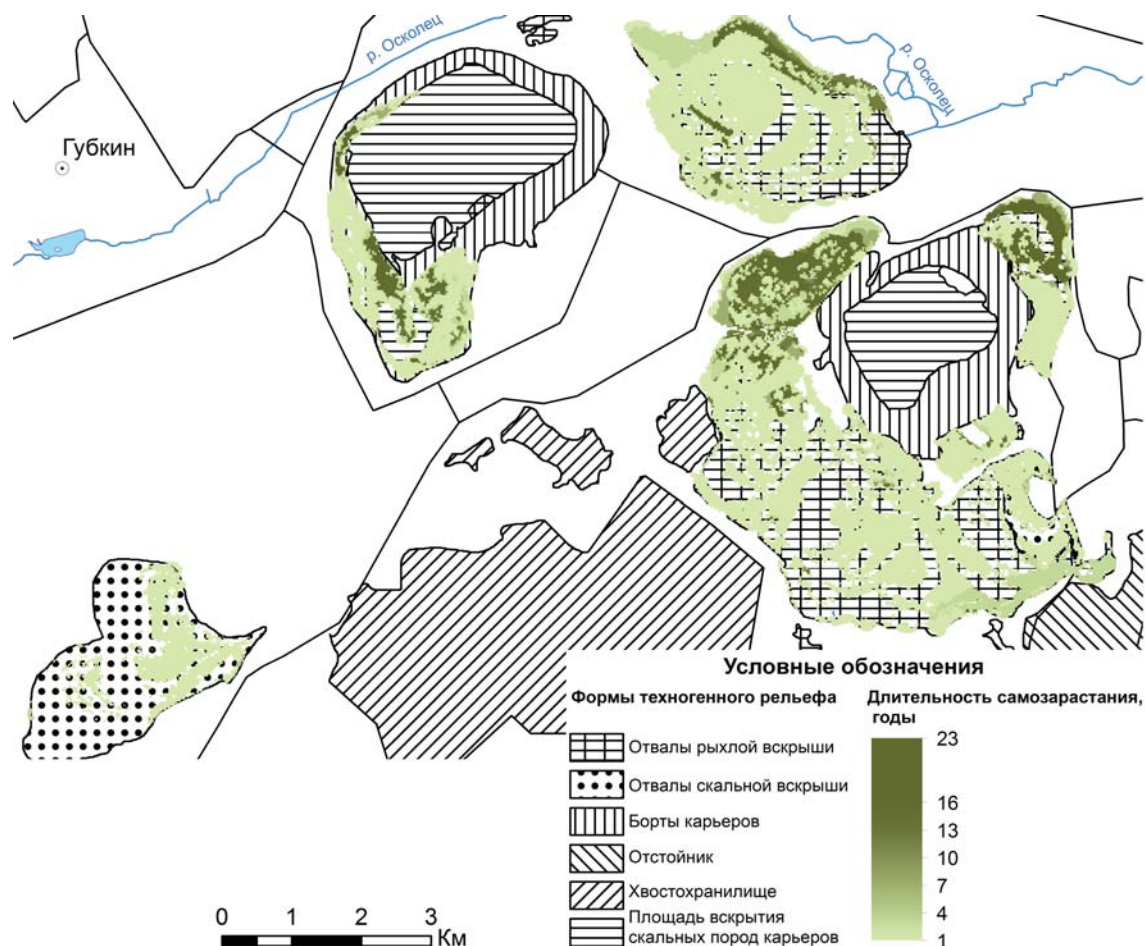


Рис. 3. Карта длительности самозарастания карьерно-отвальных комплексов

визуального дешифрирования подтверждают наличие древесной и кустарниковой растительности на отвале. Следует отметить, что откосы по периметру отвала были рекультивированы, на них высажены деревья. Закрепление откосов привело к созданию благоприятных условий для развития растительности на всей поверхности отвала.

**Выводы.** Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют о том, что самозарастание отвалов рыхлой и скальной вскрыши на территории Старооскольско-Губкинского промышленного узла носит фрагментарный характер. Длительность самозарастания на большинстве отвалов составляет 1–9 лет. На отдельных участках отвалов и карьеров, не подвергающихся трансформации, длитель-

ность самозарастания достигает 13–23 года. К таким территориям относятся периферийные участки северо-восточного отвала рыхлых вскрышных пород Лебединского карьера, а также северо-западный и северо-восточный отвалы Стойленского карьера. Тем не менее, продолжающийся рост объектов карьерно-отвальных комплексов, не покрытых растительностью, свидетельствует о том, что темпы самозарастания не превосходят темпов отсыпки вскрышных масс.

Рецензент – кандидат географических наук,  
доцент О. А. Чепелев

#### Литература:

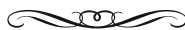
1. Башуцька, У. Б. Характеристика флоры природных отвалов шахт Красноградского горнопромышленного района // Научный вестник: Сб. науч.-техн. ст. Львов: УкрДЛУ. – 2002. – Вып. 12.2. – С. 84–86.
2. Бурда, Р. И. Антропогенная трансформация флоры. Киев.: Наукова думка, 1991. – 168 с.
3. Жуков, С. П. К вопросу об адаптации флор к антропогенному влиянию / С. П. Жуков, С. А. Приходько, О. М. Шевчук // Промышленная ботаника. Донецкий бот. сад НАН Украины. – 2004. – Вып. 4. – С. 39–46.
4. Кондратьев, К. Я. Аэрокосмические исследования почв и растительности: учеб. пос. / К. Я. Кондратьев, В. В. Козодеров, П. П. Федченко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 229 с.
5. Куприянов, А. Н. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса / А. Н. Куприянов, Ю. В. Морсакова / Сибирский экологический журнал. – 2008. – № 2. – С. 255-261.

6. Раков, Е. А. К вопросу формирования флоры на нарушенных промышленностью землях / Е. А. Раков, Т. С. Чибрик // Экология. — 2009. — № 6. — С. 473-476.
7. Тохтарь, В. К. Временная динамика флор техногенных территорий юго-востока Украины / В. К. Тохтарь, А. И. Хархота // Промышленная ботаника. Донецкий бот. сад НАН Украины. — 2004. — Вып. 4. — С. 86—100.
8. Тохтарь, В. К. Сравнение локальных флор техногенных территорий Европы / В. К. Тохтарь, А. И. Хархота, Р. Ростаньски и др // Промышленная ботаника. Донецкий бот. сад НАН Украины, 2003. — Вып. 3. — С. 7—13.
9. Чибрик, Т. С. Восстановление фиторазнообразия на нарушенных техногенных объектах таежной зоны Урала / Т. С. Чибрик // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Мат-лы Междун. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. — 2007. — С. 743—762.
10. Ярошук, Ю. В. Структурная организация растительности техногенно изменённых ландшафтов южного Криворожского бассейна / Ю. В. Ярошук, Н. Г. Сметана, А. Н. Сметана // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Мат-лы Междун. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. — 2007. — С. 812—826.
11. Rostanski A., Wozniak G. The development of vegetation on industrial wastelands in Upper Silesia (Poland) and the Ruhr Region (Germany) // Mechanisms of Anthropogenic changes of the plant cover: publications of the Department of Plant Taxonomy of the Adam Mickevich University. Poznan. — 2000. — № 10. — P. 259—269.

ДК 911.5+004.9

**А. А. Светличный**

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова



## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ

На основе рассмотрения проблем и опыта пространственного геоинформационного моделирования эрозионных потерь почвы в мире и Украине обоснованы наиболее перспективные подходы к разработке пространственно-распределенных моделей водной эрозии почв.

**Ключевые слова:** водная эрозия почв, математическое моделирование, сценарии ГИС-реализации.

**Svetlitchnyi A.A.**

**SPATIAL GEOINFORMATIONAL MODELING AND FORECAST OF SOIL WATER EROSION**

Based on consideration of the problems and experience of spatial geoinformation modeling of soil erosion losses in the world and in Ukraine justified the most promising approaches to the development of spatially distributed of soil erosion models.

**Keywords:** soil erosion, mathematical modeling, scenarios of GIS implementation.

**О. О. Світличний.**

**ПРОСТОРОВЕ ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ**

На основі розгляду проблем та досвіду просторового геоінформаційного моделювання ерозійних втрат ґрунту в світі та Україні обґрунтовані найбільш перспективні підходи до розробки просторово-розподілених моделей водної ерозії ґрунтів.

**Ключові слова:** водна ерозія ґрунтів, математичне моделювання, сценарії ГІС-реалізації.

**Вступление.** Водная эрозия почв является наиболее распространенным почвенным деградационным процессом, наносящим огромный экономический и экологический ущерб во многих странах мира, в том числе и в Украине. В связи с этим, разработка адекватной математической модели эрозионных потерь почвы, позволяющей обеспечить научное обоснование почво-водоохранного обустройства агроландшафтов, является актуальной научной и прикладной задачей. Поскольку все природные и антропогенные факторы склонового эрозионно-аккумулятивного процесса имеют выраженный пространственно-распределенный характер, наиболее адекватным инструментарием для решения этой задачи является технология географических информационных систем. Именно

появление, развитие и распространение геоинформационных технологий сделало практически осуществимой задачу пространственного моделирования, расчета и прогноза водной эрозии. Несмотря на очевидный пространственно распределенный характер этой задачи, длительное время практика противоэрозионного проектирования в Украине, как и в других странах, основывалась на моделях с сосредоточенными параметрами (0-мерных). К этой группе моделей относятся известные в Украине: Универсальное уравнение эрозионных потерь почв (USLE) [18], логико-математическая модель эрозионных потерь почв Г. И. Швевса [9], формула смыва И. К. Срибного [7], математико-статистическая модель бывшего УкрНИИЗПЭ [1]. Приближенное решение профильной (1-мерной) модели эрозии

почв предложено в формуле (логико-математической модели) смыва почвы Г. П. Сурмача [8] и в модификациях Универсального уравнения, предложенных Г. Р. Фостером и У. Х. Уишмейером [12] и Г. А. Ларионовым [2].

**Исходные предпосылки.** Первые опыты по ГИС-реализации математических моделей смыва почвы относятся к началу 80-х годов прошлого столетия. В 1983 г. в США с помощью пакета ГИС и обработки изображений VICAR/IBIS была осуществлена ГИС-реализация профильной версии Универсального уравнения и дан прогноз эрозионных потерь почвы для тестового участка, расположенного в штате Калифорния [16]. В настоящее время известно множество пространственных реализаций Универсального уравнения потерь почвы и его последующих версий, в том числе [15, 14], выполненных с использованием ГИС-пакетов IDRISI, ArcView GIS, ArcGIS Desktop, GRASS и др. в различных странах мира, в том числе и в Украине [3].

С середины 90-х годов геоинформационные технологии стали использоваться для пространственной реализации алгоритмически значительно более сложных моделей водной эрозии, в том числе динамических. Примерами могут служить Лимбургская модель водной эрозии почвы (LISEM), разработанная в Университете г. Утрехта (Нидерланды) [11], модель склонового эрозионного процесса, разработанная на основе численного интегрирования системы уравнений диффузионной волны в среде ГИС-пакета GRASS [13] и др. Однако, несмотря на успехи в построении детальных динамических (физико-математических, теоретических) моделей эрозионно-аккумулятивного процесса, в связи с их повышенной требовательностью к составу и качеству информационного обеспечения, модели данной группы пока не находят применения в практике противозерозионного проектирования.

Анализ имеющегося опыта ГИС-реализации моделей первой группы (эмпирических и концептуальных [6]) показывает необходимость их дальнейшего совершенствования, причем, как в технологиях пространственного геоинформационного моделирования, так и в описании моделируемого процесса или явления.

**Цель исследования.** На основе обзора проблем и опыта пространственного геоинформационного моделирования эрозионных потерь почвы в мире и Украине, провести обоснование наиболее перспективных подходов к разработке пространственно-распределенных моделей водной эрозии почв.

**Изложение основного материала.** Основное требование к содержательной части математической модели водной эрозии заключается в том, чтобы она адекватно и с учетом пространственной изменчивости ее факторов описывала моделируемый процесс, а к ГИС-пакету, который используется для моделирования, — обеспечивать построение гидрологически корректной цифровой модели рельефа, карт укло-

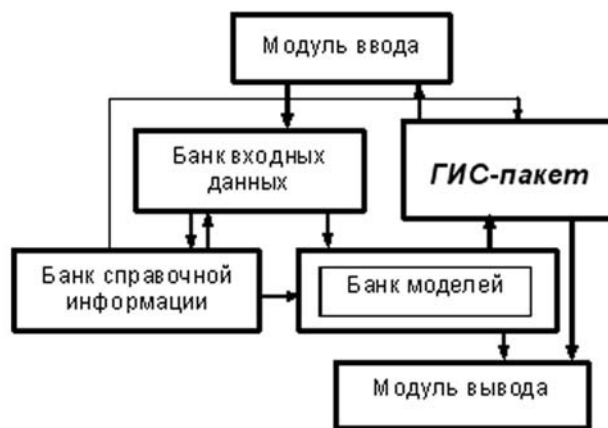


Рис. 1. Схема взаимодействия ГИС и моделей процессов – вариант 1

нов, экспозиций, линий тока и прочих производных от цифровых моделей рельефа, а также реализацию достаточно сложных вычислительных алгоритмов.

Своеобразие проблемы геоинформационного моделирования эрозионных и других процессов в природных и природно-хозяйственных территориальных системах заключается в том, что геоинформационные технологии в мире получили распространение только в конце 80-х — 90-е годы прошлого столетия, когда базовые версии основных математических моделей эрозионных потерь почв уже были разработаны, апробированы и активно использовались. Поэтому здесь встает проблема интеграции уже существующих математических моделей и инструментальных ГИС — коммерческих ГИС-пакетов, а также в целом проблема взаимодействия между моделью и инструментальной ГИС. К настоящему времени сформировалось несколько подходов к взаимодействию ГИС и моделей процессов в природных или природно-хозяйственных территориальных системах. Их можно свести к двум основным и одному промежуточному вариантам.

Первый вариант схемы взаимодействия ГИС-пакета и модели процесса (рис. 1) заключается в привлечении коммерческих ГИС-пакетов и соответствующих аппаратных средств (компьютеров, дигитайзеров, сканеров, плоттеров и пр.) для подготовки входных и отображения выходных пространственно-распределенных данных в виде цифровых

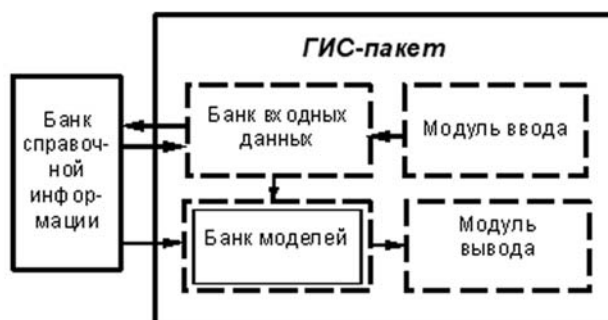


Рис. 2. Схема взаимодействия ГИС и моделей процессов – вариант 2

карт, с возможностью представления результатов моделирования в цветном и черно-белом полутоновом изображении в двух- и трехмерном виде, с использованием анимации и средств мультимедиа. В этом случае ГИС-пакет, по сути, служит дополнением к уже существующей системе моделирования, реализованной традиционными средствами. Этот вариант обычно реализуется применительно к уже хорошо зарекомендовавшим себя мощным компьютерным системам моделирования.

Примеры такого подхода демонстрируют системы динамического моделирования, разработанные в Исследовательской лаборатории моделирования окружающей среды (Environmental Modeling Research Laboratory), США, в частности, Система моделирования поверхностного стока (Surface Water Modeling System, SMS) или Система моделирования грунтовых вод (Watershed Modeling System, WMS), системы MIKE 11 GIS, MIKE BASIN и другие продукты датского консорциума DHI Water and Environment, в которых для подготовки входных данных и представления результатов моделирования в большинстве случаев используются ГИС-пакеты компании ESRI.

Второй вариант схемы взаимодействия ГИС-пакетов и моделей природных процессов, в том числе и водной эрозии, заключается в максимально полном использовании возможностей ГИС-пакета, включая кроме подготовки входных данных и вывода результатов моделирования, полную реализацию модели аналитическими, языковыми и программными средствами ГИС-пакета (рис. 2). В этом случае за рамками ГИС-пакета остается только атрибутивная база данных справочной информации с собственной системой управления базой данных (СУБД), для взаимодействия с которой в современных мощных ГИС-пакетах имеются соответствующие программные модули. В практику моделирования данный подход был, по-видимому, введен Ван Деурсеном и Дж. Квадийком при разработке балансовой модели стока р. Рейн [17]. Этот подход к интеграции ГИС и моделей водной эрозии предъявляет повышенные требования к аналитическим возможностям ГИС-пакета, включая как обязательное условие возможность построения карты линий тока и водосборных бассейнов, не говоря уже о необходимости выполнения достаточно сложных арифметических и логических операций с растеризованной информацией. Такими возможностями в настоящее время обладают многие достаточно мощные ГИС-пакеты, в том числе такие широко известные в мире, как ARC/INFO, ArcGIS Desktop, MGE Intergraph, GRASS, IDRISI, PCRaster.

Одним из примеров реализации этого подхода является Лимбургская модель водной эрозии почв (LISEM), разработанная в середине 90-х годов в университете г. Утрехта, Нидерланды [11] и представляющая собой пространственно-распределенную динамическую модель водной эрозии, в основе ко-

торой лежат системы уравнений кинематической волны для склонового и руслового стока, дополненные дифференциальными уравнениями баланса склоновых и русловых наносов, а также системой математических моделей частных процессов — перехвата осадков растительностью, поверхностного задержания, инфильтрации, межручейковой эрозии, ручейковой эрозии, транспорта и отложения наносов. Пространственная реализация модели, а также обеспечение ее функционирования осуществлено с использованием языковых, программных и функциональных возможностей пакета моделирования окружающей среды PCRaster, разработанной на географическом факультете Университета г. Утрехта, Нидерланды.

Возможен также промежуточный (3-ий) вариант взаимодействия ГИС и моделей процессов — использование отдельных геоинформационных процедур как элементов программного комплекса моделирования, ускоряющих или упрощающих реализацию вычислительного алгоритма модели. В качестве примера таких процедур можно назвать процедуры построения карт уклонов, экспозиций, местных линий тока, склоновых и русловых водосборов, которые представлены в составе практически всех ГИС-пакетов с развитыми аналитическими возможностями.

Второй и третий варианты схемы взаимодействия инструментальной ГИС и модели эрозионных потерь почв реализован в Одесском национальном университете имени И. И. Мечникова. В качестве модели процесса использована физико-статистическая модель смыва-аккумуляции [5], разработанная на основе модификации логико-математической модели эрозионных потерь почвы Г. И. Швевса [9, 10]. Модель учитывает все основные природные и хозяйственные факторы эрозионного процесса, включая нестационарность ливневого наносообразования, характер продольного профиля склонов и пространственную структуру склонового стекания [5, 6, 4 и др.]. Модель верифицирована по материалам наблюдений на стоковых площадках и склоновых водосборах Богуславской научно-исследовательской полевой гидрологической базы УкрНИГМИ и Велико-Анадольской водно-балансовой станции. В качестве базового ГИС-пакета использован пакет PCRaster.

Опыт пространственного геоинформационного моделирования склоновой эрозии показал возможность учета сложной структуры эрозии-аккумуляции на склонах, определяемой характером топографической поверхности, структурой почвенного покрова, особенностями ливневой деятельности и агротехники. Необходимым условием применения таких моделей для целей противоэрозионного проектирования, в том числе на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия, является наличие детальной гидрологически корректной цифровой модели рельефа и подробной почвенной карты.

**Выводы.**

1. Современные геоинформационные технологии в настоящее время представляют собой наиболее совершенный инструментарий для разработки пространственно-распределенных математических моделей эрозионных потерь почвы.

2. В зависимости от цели моделирования взаимодействие между моделью процесса или явления и инструментальной ГИС может происходить по одному из трех сценариев (вариантов). Наиболее перспективной является реализация второго и третьего сценариев, опирающихся, с одной стороны, на языковые и программные возможности та-

ких программных пакетов, как PCRaster и GRASS, а с другой, — на языки программирования высокого уровня.

3. Реализованные на этих принципах адекватные, прошедшие верификацию на независимых данных, пространственные (2D) модели эрозионных потерь почвы способны решать различные задачи, в том числе и по обоснованию ландшафтно-адаптивных систем земледелия.

**Рецензент – доктор географических наук,  
профессор Ю. Д. Шуйский**

**Литература:**

1. Лавровский И. Г. К вопросу построения модели стока и смыва почвы при ливневой эрозии / И. Г. Лавровский, А. Ф. Игуменцев, С. В. Анисимов, Л. Г. Щеголева // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — С. 89–90.
2. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв / Г. А. Ларионов — М.: Изд-во МГУ, 1993. — 200 с.
3. Мкртчян О. Геоінформаційне моделювання процесу схилової ерозії / О. Мкртчян // Вісн. Львівс. ун-ту. Серія геогр. — 2004. — Вип. 30. — Частина 1. — С. 188–193.
4. Пяткова А. В. Особенности моделирования водной эрозии почв с учетом пространственной изменчивости ее факторов / А. В. Пяткова // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжвід. наук. збірник України. — Одеса: Вид. «Екологія», 2008. — Вип. 50. — Частина 2. — С. 437–442.
5. Светличный А. А. Принципы совершенствования эмпирических моделей смыва почвы / А. А. Светличный // Почвоведение. — 1999. — № 8. — С. 1015–1023.
6. Светличный А. А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / А. А. Светличный, С. Г. Черный, Г. И. Швец — Сумы: ИТД «Университетская книга», 2004. — 410 с.
7. Срибный И. К. Среднегодовой сток воды и смыв почвы со склонов / И. К. Срибный // Водохозяйственное строительство на малых реках. — Киев: Будівельник, 1977. — С. 145–147.
8. Сурмач Г. П. Опыт расчета смыва почв для построения комплекса противоэрозионных мероприятий / Г. П. Сурмач // Почвоведение. — 1979. — № 4. — С. 92–103.
9. Швец Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка / Г. И. Швец — Л.: Гидрометеоздат, 1974. — 184 с.
10. Швец Г. И. Теоретические основы эрозиоведения / Г. И. Швец — Киев-Одесса: Вища школа, 1981. — 223 с.
11. De Roo A. P. J. LISEM: A physically-based hydrological and soil erosion model incorporated in a GIS / A. P. J. De Roo, C. G. Wesseling, N. H. D. T [et al] // J. J. Harts, H. F. L. Ottens, H. J. Scholten (eds), EGIS / MARY'94 Conference Proceedings. — Utrecht/Amsterdam: EGIS Foundation, 1994. — P. 207–216.
12. Foster G. R. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction / Foster G. R., Wischmeier W. H. // Trans. Am. Soc. Agric. Engrs. — 1974. — 17. — P. 305–309.
13. Hofierka J. Soil water erosion modelling using GIS and aerial photographs / Hofierka J., Suri M. // Geographical Information. Second Joint European Conference & Exhibition on Geographical Information, Barcelona, Spain, — 1996. — P. 376–381.
14. Mitas L. Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention / Mitas L., Mitasova H. // Water Resources Research. — 1998. — № 3. — P. 505–516.
15. Renard K. G. RUSLE: Revised universal soil loss equation / Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., Porter J. P. // J. Soil and Cons. — 1991. — V. 46. — P. 30–33.
16. Spanner M. A. Soil loss prediction in a Geographic Information System Format / M. A. Spanner, A. H. Strahler, J. E. Estes // Papers Selected for Presentation at the Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of Environment. 89–102. 2–9 June 1982 Buenos Aires, Argentina. Ann Arbor, Mich., 1983. — 14 p.
17. Van Deursen W. P. A. Using the watershed tools for modeling the Rhine catchment / Van Deursen W. P. A., Kwadijk J. C. J. // J. J. Harts, H. F. L. Ottens, H. J. Scholten (eds), EGIS'92 Conference Proceedings, Utrecht- Amsterdam: EGIS Foundation, 1992. — P. 254–262.
18. Wischmeier W. H. Evaluation of factors in the soil-loss equation / W. H. Wischmeier, D. D. Smith, R. E. Uhland // Agricultural Engineering. — 1958. — V. 39. — P. 458–462.
19. Wischmeier W. H. Predicting rainfall erosion losses — a guide to conservation planning / Wischmeier W. H., Smith D. D. // Agriculture Handbook No.537. - Washington, D. C.: United States Department of Agriculture. — 1978. — 65 p.



УДК 911.2:004.42

Д. В. Свідзінська

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ



## ВІДКРИТІ ГІС ДЛЯ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОСВІТИ: ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ SAGA

Розглянуто досвід впровадження Відкритої настільної ГІС SAGA в практику досліджень та навчання на кафедрі фізичної географії та геоєкології. SAGA зарекомендувала себе не лише як потужний аналітичний інструмент, але і як засіб посилення практичної спрямованості професійної фізико-географічної освіти. Подальші перспективи пов'язані з розробкою документації, навчальних посібників, публікаціями у фахових виданнях з метою популяризації досвіду застосування Відкритих ГІС в освіті та дослідженнях.

**Ключові слова:** Відкриті ГІС, SAGA, фізико-географічні дослідження, фізико-географічна освіта

D. Svidzinska

### OPEN SOURCE GIS FOR RESEARCH AND EDUCATION IN PHYSICAL GEOGRAPHY: SAGA ADOPTION EXPERIENCE

The experience of Open Source Desktop GIS SAGA adoption for research and education practice at the Department of Physical Geography and Geocology is discussed. Not only has SAGA proven itself to be a mature analytical instrument, but also it is a tool for the enhancement of practical direction of professional education in physical geography. Further perspectives are related to the development of documentation and tutorials, peer-reviewed journals publications with a view to the popularization of the Open Source GIS adoption experience in research and education.

**Keywords:** Open Source GIS, SAGA, physical geography research and education

Д. В. Свидзинская

### ОТКРЫТЫЕ ГИС ДЛЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАЗОВАНИЯ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ SAGA

Рассмотрен опыт внедрения Открытой настольной ГИС SAGA в практику исследований и обучения на кафедре физической географии и геоэкологии. SAGA зарекомендовала себя не только как мощный аналитический инструмент, но и как средство усиления практической направленности профессионального физико-географического образования. Дальнейшие перспективы связаны с разработкой документации, учебных пособий, публикациями в рецензируемых изданиях с целью популяризации опыта применения Открытых ГИС в образовании и исследованиях.

**Ключевые слова:** Открытые ГИС, SAGA, физико-географические исследования, физико-географическое образование

**Вступ.** Відкритість програмного забезпечення (далі – ПЗ) надає користувачеві чотири рівні свободи, основою яких є вільний доступ до вихідного коду: використовувати ПЗ для будь-яких власних цілей, вивчати принципи його роботи та модифікувати, вільно поширювати копії, удосконалювати та оприлюднювати похідні продукти як загальнодоступні. Наслідками цих свобод у вузькому практичному сенсі є безкоштовність ПЗ, прозорість, формування міжнародної спільноти розробників та користувачів. З науково-дослідницької точки зору особливу роль відіграє прозорість, оскільки важливою передумовою практичної адаптації будь-якої методики є незалежна перевірка її коректності та відтворюваності. Забезпечити такі можливості повною мірою може лише відкритий доступ до ПЗ, тобто до його вихідного коду та алгоритмів.

Феномен Відкритого ПЗ знайшов свій прояв і в географічній галузі, де сумісно з великими об'ємами геоданих, що почали надходити у відкритий доступ наприкінці 1990-х років, він спровокував інтенсивний розвиток методів їх обробки, аналізу, прикладного застосування, втілених засобами Відкритих ГІС.

**Вихідні передумови.** Загальну характеристику Відкритих ГІС подано як у закордонних [9, 12], так і у вітчизняних публікаціях [1, 2, 6, 7], але вони все ще залишаються малопоширеним альтернативним інструментом на противагу пропрієтарному ПЗ ГІС. Серед чинників такої «непопулярності» можна відзначити відносну молодість більшості Відкритих ГІС порівняно зі своїми комерційними аналогами, слабо розвинену підтримку користувачів, протизаконне поширення та використання пропрієтарного ПЗ ГІС.

Разом з тим, в роботах [3, 8, 12] відзначається перспективність застосування Відкритих ГІС як зручного та доступного інструменту для забезпечення позитивних синергійних ефектів між наукою, освітою та виробництвом, особливо на базі науково-дослідних та освітніх установ. З огляду на це, аналіз можливих шляхів і перспектив впровадження Відкритих ГІС в дослідницьких університетах з урахуванням вітчизняних реалій набуває особливої ваги.

**Мета дослідження** – критичний аналіз та оцінка досвіду впровадження Відкритої настільної ГІС SAGA як альтернативної освітньо-дослідницької

платформи на прикладі кафедри фізичної географії та геоecології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Завдання дослідження:

1) розглянути особливості ГІС SAGA, принципи для впровадження в процес фізико-географічних досліджень та освіти;

2) проаналізувати досвід впровадження ГІС SAGA в практику науково-дослідницької діяльності;

3) проаналізувати досвід впровадження ГІС SAGA в практику викладання;

4) визначити переваги, проблеми та перспективи подальшого впровадження Відкритих ГІС у вітчизняних вищих навчальних закладах в контексті посилення дослідницького потенціалу.

### Відкрита настільна ГІС SAGA – принципові властивості.

Доцільність вибору SAGA в якості практичного інструменту реалізації фізико-географічних досліджень та освіти, окрім відкритості, визначається низкою взаємопов'язаних чинників [1, 2, 6, 12]:

1) Аналітичне спрямування. Завдяки академічному корінню SAGA приділяє значну увагу втіленню актуальних підходів до аналізу даних, тому більшість модулів об'єднує сучасні аналітичні алгоритми. Примітно, що в багатьох випадках існує можливість використати декілька способів (алгоритмів) для вирішення однієї задачі та обрати найбільш ефективний на основі співставлення результатів. Серед аналітичних можливостей відзначимо: підготовку даних дистанційного зондування (далі – ДДЗ) (фільтрування, гідрологічна корекція), роботу з даними дистанційного лазерного знімання (точкові хмари), тематичний (в т. ч. об'єктно-орієнтований) аналіз зображень, аналіз ЦМР, геостатистику, моделювання процесів в ландшафті (пожежі, поверхневий стік, вміст вологи в ґрунті, ерозія тощо). Все це робить SAGA вельми корисною для тематичного картографування та прикладного аналізу в геоморфології, ґрунтознавстві, гідрології та ландшафтознавстві. Використання інструментів моделювання допомагає зрозуміти особливості перебігу найбільш значущих процесів у ландшафті, їх залежність від різноманітних умов середовища, що може бути корисним при вивченні властивостей та динаміки як окремих компонентів, так і ландшафтів в цілому.

2) Інтероперабельність – ключова властивість SAGA, необхідна для успішного виконання функцій збирання, управління, аналізу та представлення даних. Дана характеристика виявляється у гнучкості

взаємодії з різними апаратними базами, операційними системами (MS Windows, Linux, MacOS) та ПЗ, способами представлення даних (бібліотеки GDAL/OGR, підтримка PostgreSQL через PostGIS), просторовими характеристиками (бібліотеки проєкцій PROJ.4, GeoTrans).

3) Позитивна динаміка розвитку. Після реєстрації проєкту в лютому 2004 р. на хостингу Відкритого ПЗ SourceForge.net нова версія виходить мінімум раз на рік, а в 2010 та 2011 рр. – двічі. Більшість модулів випущено під Загальною публічною ліцензією GNU (GNU General Public License version 2.0 – GPLv2), а їхня кількість поступово збільшується. Остання стабільна версія 2.0.8, випущена 2011 року, містить 63 бібліотеки, які об'єднали 467 модулів.

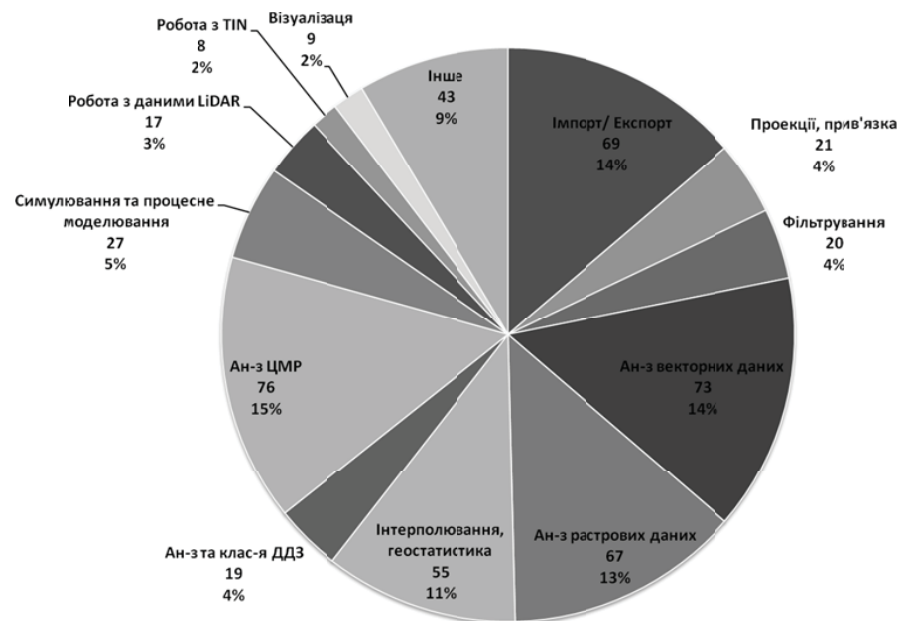


Рис. 1. Технологічний зріз SAGA: розподіл модулів версії 2.1.0 за основними функціональними групами

Очікується, що в наступній версії 2.1.0 їх кількість зросте до 65 та 552 відповідно.

Завдяки якісній реалізації значної кількості алгоритмів геопросторового аналізу, SAGA – одна з найбільш сильних на сьогоднішній день ГІС аналітичної спрямованості. Крім того, її позитивними сторонами є: підтримка значної кількості форматів файлів геопросторових даних, велика бібліотека проєкцій, дружність інтерфейсу, ефективність використання дискового простору і висока продуктивність, можливість розширення та доопрацювання. Серед недоліків відзначимо нестачу та розрізненість документації. Подальші перспективи розвитку SAGA пов'язуються з удосконаленням інтерфейсу програмування додатку (API) та графічного інтерфейсу користувача (GUI), доопрацюванням взаємодії з Java, R, а також підготовкою більш повної документації.

**Досвід застосування SAGA в наукових дослідженнях.** Поступове впровадження ГІС SAGA в науково-дослідницький процес на кафедрі фізичної

географії та геоекології розпочалося з 2008 року і первинно пов'язане з пошуком функціонального інструменту підготовчої обробки та геоморфометричного аналізу даних (суб)глобальної цифрової моделі висот Shuttle Radar Topography Mission (далі – ЦМВ SRTM) для цілей (напів)автоматизованого ландшафтного картографування [4, 13].

Залежно від переважаючого типу похибок даних ЦМВ SRTM фільтрування, засобами SAGA ґрунтувалось на декількох алгоритмах. Наприклад, відмінності в наземному покриві фіксуються ЦМВ у вигляді доволі істотних хибних перевищень (10–20 м), що може бути особливо помітним для територій з плоским рельєфом (Полісся). Для усунення таких ефектів застосована процедура фільтрації на основі ухилу поверхні [14]. Даний метод ґрунтується на припущенні, що значні відмінності у висоті між двома прилеглими комірками не можуть пояснюватись спадистим схилом на місцевості. Ймовірність того, що вища комірка представляє рельєф, знижується із скороченням відстані між ними. Відтак фільтр визначає прийнятну різницю у висоті між двома комірками як функцію відстані між ними (ухил поверхні). Комірка відноситься до поверхні рельєфу, якщо в радіусі пошуку немає іншої комірки, різниця у висоті з якою більша за встановлений максимум перевищення при заданій відстані між комірками.

Для територій з добре вираженим розчленованим рельєфом (Лісостепова зона) більш характерним є високочастотний крапчастий шум – наслідок флуктуацій відбитого сигналу. Для його усунення доцільно застосовувати різноспрямований фільтр Лі [11]. Цей анізотропний фільтр згладжує плоскі поверхні, одночасно зберігаючи характерні структурні риси рельєфу, такі як бровки та елементи ерозійної мережі, що є принциповим для проведення подальшого геоморфометричного аналізу.

Гідрологічна корекція ЦМВ, пов'язана із заповненням «паразитарних» западин, ґрунтувалась на методі, запропонованому в [10]. Його перевага полягає в тому, що він дає можливість не просто заповнити хибні западини до горизонтальної поверхні, але й залишити незначний її ухил, що є більш коректним для наступного моделювання особливостей перерозподілу поверхневого стоку.

Подальший геоморфометричний аналіз ЦМВ враховував дві групи показників, які характеризують особливості рельєфу з різних позицій. Первинні топографічні атрибути, що описують форму поверхні, визначають міру змін висоти по відношенню до планових координат і розраховуються як похідні топографічної поверхні. Складені топографічні індекси, які обчислюються на основі первинних топографічних атрибутів, покликані оцінити інтенсивність різноманітних процесів (транспорт та перенесення речовини, ерозійний потенціал тощо).

Результати підготовчої обробки та геоморфометричного аналізу даних ЦМВ SRTM послуговували основою розробки методики автоматизованого картографування морфодинамічних мікрорегіонів [4, 13]. Відтак, досвід застосування SAGA в дослідницькому процесі можна охарактеризувати як позитивний. Єдиною проблемою була відсутність у деяких випадках детальної інформації щодо роботи окремих модулів, що уповільнювало процес освоєння ПЗ.

**Досвід застосування SAGA в навчальному процесі.** Викладання на основі SAGA розпочалося в 2008–2009 навчальному році в межах навчальної дисципліни «Методи геоекологічних досліджень», яка фактично являє собою перший методичний спецкурс дослідницького спрямування [3, 5]. Успішне оволодіння знаннями та уміннями з даної дисципліни ґрунтується на раціональному перерозподілі навчальної діяльності між лекційними, прак-

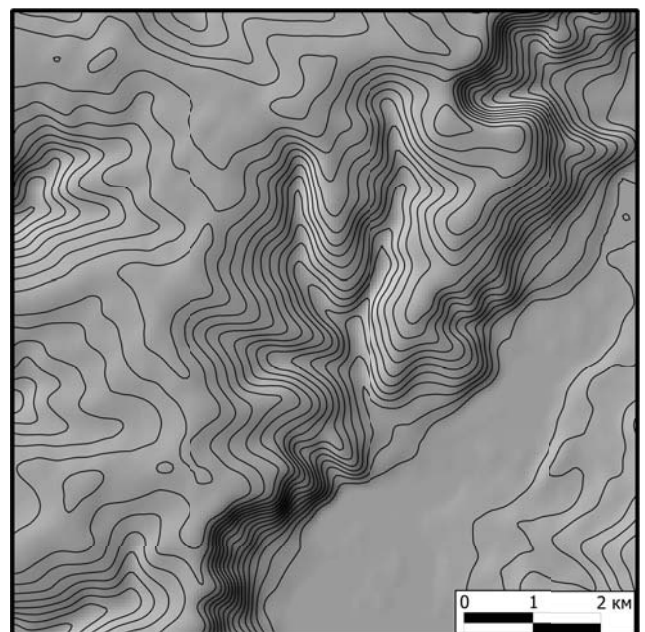
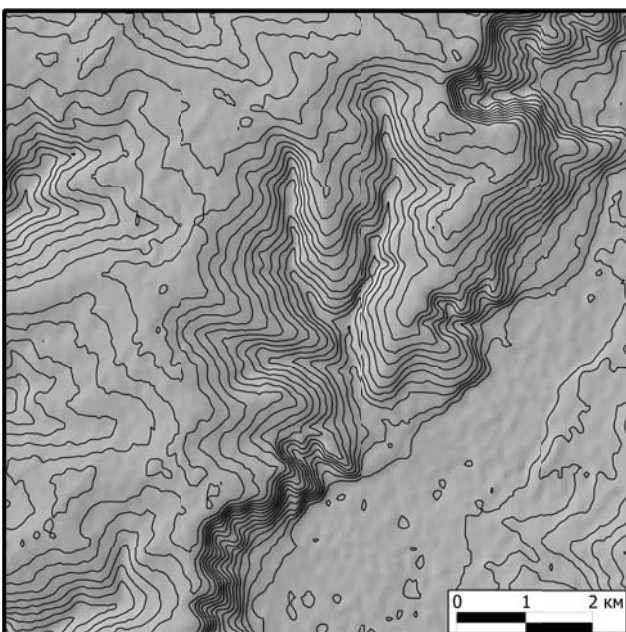


Рис. 2. Фрагмент ЦМВ SRTM до (ліворуч) та після (праворуч) проходження процедур фільтрації та гідрологічної корекції засобами SAGA (висота перетину рельєфу – 5 м)

тичними та самостійними заняттями. Відповідно до навчального плану час між ними співвідноситься приблизно як 1:1:2. Принциповим моментом є рівноправність лекційної та практичної частин, а також їх підкріплення істотною кількістю годин для самостійного опрацювання матеріалу. І якщо в межах лекційних годин передбачається викладення теоретичного матеріалу в традиційній формі, то практичні заняття і самостійна робота студентів, як принципові складові сучасної практично-орієнтованої фахової підготовки, проводяться на основі Відкритих ГІС та геоданих. Можливість їх повноцінного незалежного використання в позааудиторний час посилює практичний зміст та ефективність самостійної роботи, сприяє розвитку навичок самоосвіти, яка є запорукою успішного професійного зростання в подальшому.

Основна мета практичних занять – навчитися застосовувати сучасні ГІС-інструменти для обробки та створення геоданих, а також отримання на їх основі тематичної інформації, необхідної для успішної реалізації геоecологічних досліджень. Кінцевий результат аудиторної та самостійної роботи студента протягом семестру – самостійно створений набір геоданих (прототип бази даних геоecологічного дослідження) до якого входять:

1. Підготовані до подальшого аналізу вихідні дані: прив'язаний лист топографічної карти; векторизований фрагмент топокарти; ЦМР, отримана на основі ЦМВ SRTM, що пройшла підготовчі процедури фільтрування та гідрологічного коригування; ДДЗ Landsat за два різних роки (TM або ETM+), що пройшли процедури радіометричного коригування, та композитні зображення.

2. Тематичні геоecологічні дані, отримані на їх основі: карти основних геоморфометричних показників (ухил поверхні, експозиція, кривизна); результати гідрологічного моделювання (поверхня розподілу поверхневого стоку, гідрологічна мережа, водозбірні басейни); характеристики рослинного покриву, отримані на основі вегетаційних індексів; тематичні карти наземного покриву як результат класифікації даних дистанційного зондування Землі (далі – ДДЗЗ).

Навчальним планом передбачено проведення 14 практичних занять, об'єднаних за наступними темами: основи роботи з Відкритою настільною ГІС SAGA (5 занять – 10 академічних годин), робота з ЦМВ (4 заняття – 8 академічних годин), робота з ДДЗЗ (5 занять – 10 академічних годин). Зауважимо, що повноцінне опанування матеріалу розраховане також на активну самостійну роботу,

для якої навчальною програмою відводиться 52 академічні години.

**Висновки та перспективи.** Досвід впровадження SAGA в практику наукових досліджень та навчального процесу можна оцінити як позитивний. Дане ПЗ дає доступ до найбільш сучасних аналітичних алгоритмів аналізу ЦМР та ДДЗ, відсутніх навіть у пропрієтарних аналогах, що є особливо важливим для удосконалення методики автоматизованого ландшафтного картографування. Основними перевагами для навчального процесу є адекватне відображення сучасного рівня інформатизації галузі, посилення практичної складової занять, підвищення ефективності самостійної роботи в позааудиторний час та сприяння розвитку навичок самоосвіти. Важливим моментом також є те, що доступ до SAGA (як і до інших Відкритих ГІС) не завершується в межах одного навчального курсу, аудиторії, а може бути успішно поглиблений під час вивчення інших навчальних дисциплін, написання курсових робіт та подальшої дослідницької роботи.

Серед чинників, що стримують освоєння та впровадження SAGA є відсутність вичерпної українсько- або російськомовної документації, низький рівень комп'ютерної грамотності серед студентів, обмежене володіння англійською мовою. В цілому, основним гальмуючим фактором є слабка поінформованість про Відкрите ПЗ та ГІС як такі, їх аналітичні можливості, традиційна «залежність» від єдиного пропрієтарного ГІС-продукту.

З огляду на це, подальші перспективи пов'язані з наступними кроками: видання україномовного практично орієнтованого навчального посібника (ГІС-практикуму) на базі SAGA та відкритих геоданих, поглиблене вивчення аналітичних можливостей Відкритих ГІС в межах навчальної дисципліни «Геопросторовий аналіз в ландшафтних дослідженнях» (основні інструменти QuantumGIS та аналітична платформа SEXTANTE), підготовка до самостійної науково-дослідницької діяльності із застосуванням прийомів проблемно-орієнтованого навчання в межах «Науково-дослідницького практикуму» магістерської програми, популяризація Відкритих ГІС як науково-дослідницького та освітнього інструменту й обговорення досвіду їх застосування в науці та освіті за допомогою публікацій у фахових виданнях, участі в галузевих конференціях.

**Рецензент – член-кореспондент НАНУ,  
доктор географічних наук,  
професор М. Д. Гродзинський**

#### Література:

1. Дубинин М. Ю. Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации / М. Ю. Дубинин, Д. А. Рыков // Геопрофиль. – 2010. – №2. – С. 34-44.
2. Свідзінська Д. В. Програмні засоби вільного доступу для забезпечення фізико-географічних досліджень / Д. В. Свідзінська // Фізична географія та геоморфологія. – 2009. – № 55. – С. 109-118.

3. Свідзінська Д. В. Освітній потенціал Відкритих ГІС (на прикладі Відкритої настільної ГІС SAGA) / Д. В. Свідзінська // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. — 2011. — Т.24(63). — №2, ч.2. — С.99-103.
4. Свідзінська Д. В. Виділення морфодинамічних мікроехохор із застосуванням нечіткого кластерного аналізу / Д. В. Свідзінська // Український географічний журнал. — 2012. — № 3. — С. 34-41.
5. Свідзінська Д. В. Методи геоecологічних досліджень: методичні рекомендації до проведення лекційних і практичних занять / Д. В. Свідзінська. — К.: Логос, 2013. — 28 с. [Електронний ресурс] — Режим доступу: [http://www.geo.univ.kiev.ua/files/svidzinska\\_2013\\_methods\\_of\\_geoeological\\_research.pdf](http://www.geo.univ.kiev.ua/files/svidzinska_2013_methods_of_geoeological_research.pdf) — 10.03.2013.
6. Свидзинская Д. Открытая настольная ГИС SAGA — общая характеристика / GIS-Lab и авторы, 2012. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/saga-intro.html> — 10.03.2013.
7. Черлінка В. Р. Особливості та актуальність використання системи підтримки аналізу географічних ресурсів (GRASS) / В. Р. Черлінка, Ю. М. Дмитрук // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. — 2011. — Т.24(63). — №2, ч.2. — С. 3-7.
8. Mitsova H. Building open source geospatial education at research universities: where we are and what is holding us back / H. Mitsova, M. Landa, M. Shukunobe // Open Source Geospatial Research & Education Symposium. [Eds. Ertz O., Joost S., Tonini M.] — 2012. — P. 40-47.
9. Moreno-Sanchez R. Free and Open Source Software for Geospatial Applications (FOSS4G): A Mature Alternative in the Geospatial Technologies Arena / R. Moreno-Sanchez // Transactions in GIS. — 2012. — 16(2). — P. 81-88.
10. Planchon O. A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models / O. Planchon, F. Darboux // Catena. — 2002. — Vol. 46(2-3). — P. 159-176.
11. Selige T. Processing of SRTM X-SAR data to correct interferometric elevation models for land surface process applications / T. Selige, J. Böhner, A. Ringeler // SAGA — Analysis and Modelling Applications. Göttinger Geographische Abhandlungen. — 2006. — Vol. 115. — P. 97-104.
12. Steiniger S. The 2012 free and open source GIS software map — A guide to facilitate research, development, and adoption / S. Steiniger, A.J.S. Hunter // Computers, environment and urban systems. — 2012. [Електронний ресурс] — Режим доступу: [ftp://ftp.heanet.ie/disk1/sourceforge/m/me/mentaer.u/pubs/fosgismap\\_sstein\\_v9\\_web.pdf](ftp://ftp.heanet.ie/disk1/sourceforge/m/me/mentaer.u/pubs/fosgismap_sstein_v9_web.pdf).
13. Svidzinska D. Mapping of landscape spatial dynamics patterns by the fuzzy clustering analysis / D. Svidzinska // The Problems of Landscape Ecology. — 2011. — vol. XXX. — P. 77-86.
14. Vosselman G. Slope based filtering of laser altimetry data / G. Vosselman // IAPRS Proceedings. — 2000. — Vol. XXXIII. — P. 935-942.

УДК 911.52 : 528.94

**О. І. Сінна**

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна



## ГІС-АНАЛІЗ АНТРОПОГЕННОЇ ПЕРЕТВОРНОСТІ ЛАНДШАФТІВ ЗМІЙВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Представлена загальна послідовність визначення антропогенної перетвореності ландшафтів із застосуванням геоінформаційних технологій. Запропоновані підходи апробовано на рівні адміністративного району — на прикладі ландшафтів Зміївського району Харківської області; представлено відповідні результати розрахунків та карти. Передбачається використання результатів у подальших ландшафтно-екологічних дослідженнях території.

**Ключові слова:** антропогенна перетвореність ландшафтів, ГІС-аналіз, структура землекористування, ландшафтно-екологічне картографування.

O. I. Sinna

**GIS ANALYSIS OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPE TRANSFORMATIONS OF ZMIEVSKOY DISTRICT OF KHARKOV REGION**

A general sequence of human-induced transformations of landscapes using GIS technologies is given. The proposed approaches have been tested at the level of an administrative district on the example of landscapes of Zmievskey district in Kharkov region; corresponding calculation results and maps are presented. The results are to be used in future landscape-ecological research of the area.

**Keywords:** human-induced transformation of landscapes, GIS analysis, the structure of land use, landscape-ecological mapping.

E. I. Sennaya

**ГИС-АНАЛИЗ АНТРОПОГЕННОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ЛАНДШАФТОВ ЗМИЕВСКОГО РАЙОНА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Представлена общая последовательность определения антропогенной преобразованности ландшафтов с применением геоинформационных технологий. Предложенные подходы апробированы на уровне административного района — на примере ландшафтов Змиевского района Харьковской области; представлены соответствующие результаты расчётов и карты. Предполагается использование результатов в дальнейших ландшафтно-экологических исследованиях территории.

**Ключевые слова:** антропогенная преобразованность ландшафтов, ГИС-анализ, структура землепользования, ландшафтно-экологическое картографирование.

**Вступ, вихідні передумови.** Процес перетворення людиною та її діяльністю первинного природного середовища у сучасному світі є постійним і незворотнім. Все більш гостро стоїть проблема гармонізації взаємодії природи й людства, тривають пошуки механізмів створення та підтримки такого простору, який був би оптимальним з точки зору законів природи і для задоволення потреб людського суспільства. Вихідною основою для обґрунтованих дій у цьому напрямі є оцінка сучасного стану ландшафтів та їх антропогенної перетвореності.

Кількісні методи оцінки антропогенних змін ландшафтів, на основі аналізу співвідношення природних та антропогенних елементів, структури земельних угідь, викладені у роботах А. Г. Ісаченка, Ф. М. Мількова, М. Д. Гродзинського, П. Г. Шищенко та інших науковців. За тематикою досліджень цього напрямку в Україні у 80-х роках укладена карта антропогенної перетвореності ландшафтів національного рівня [8]. Згодом запропонована методика набула популярності для застосування на регіональному рівні, зокрема для територіального аналізу антропогенної перетвореності природного середовища окремих областей, із використанням офіційних статистичних показників та територіальним аналізом розподілу значень за адміністративними районами. Відповідні дослідження проведені для Херсонської [3], Івано-Франківської [2], Волинської [5] та інших областей України.

**Формулювання цілей статті, постановка задачі.** Враховуючи існуючий досвід національних та регіональних робіт по вивченню антропогенної перетвореності ландшафтів, закономірним етапом продовження розробок у даній галузі вважаємо більш детальні дослідження на рівні адміністративного району, які доцільно здійснити на основі співставлення територіального розподілу земельних угідь та їх відповідності первинним природним ландшафтам, що нині є зміненими. Крім того, сучасне геоінформаційне програмне забезпечення дозволяє автоматизувати операції аналізу на основі формалізованих алгоритмів розрахунків із можливістю подальшого застосування запропонованих моделей для інших територій. Виходячи з цього, **завдання дослідження** полягає у розробці методичних основ ГІС-аналізу антропогенної перетвореності ландшафтів, а **метою статті** є висвітлення досвіду та результатів цих розробок для території Зміївського району Харківської області.

**Виклад основного матеріалу.** В якості ключової ділянки для здійснення регіональних ландшафтно-екологічних досліджень, складовою частиною яких визначена оцінка антропогенної перетвореності ландшафтів [4; 6] обрано Зміївський район Харківської області. Вибір території дослідження зумовлений низкою причин. У межах Зміївського району представлено порівняно високе природне ландшафтне різноманіття, що пов'язано з геологічним та історичним розвитком, специфічністю гідрографічної мережі та її впливом на ландшафтну структуру. Водночас територія району характеризується значними відмінностями у використанні земель, їх функціональному призначенні. Так, у відносній близькості один від одного розташовані Зміївська теплова електростанція (ТЕС), яка є одним із найбільших забруднювачів атмосферного повітря Харківської області, і національний природний парк «Гомільшанські ліси», найбільша природоохоронна територія області, яка включає ландшафти, що зберегли природну рослинність, зокрема унікальні угруповання дубового лісу з домішками липи, ясеня, клену. У межах району проходить долина р. Сіверський Донець, до якої приурочені найбільш популярні рекреаційні зони Харківської області з відповідною інфраструктурою та попитом. Така функціональна різноманітність у використанні земель породжує сучасну конфліктність природокористування та може викликати загострення екологічної ситуації у перспективі. Оцінка антропогенної перетвореності ландшафтів та просторове визначення відповідних змін дозволить закласти основу оптимізації взаємодії різних видів використання ландшафтів.

Як свідчить досвід досліджень, антропогенна перетвореність ландшафтів (інші тотожні чи близькі терміни – зміненість, трансформованість, модифікація) – це, перш за все, зміни структури ландшафтів (як горизонтальної, так і вертикальної) під впливом господарської діяльності. Зміна функціональних зв'язків у межах ландшафтів частіше розглядається у дослідженнях антропогенного навантаження на ландшафти.

Одну із найбільш ефективних методик кількісної оцінки антропогенної перетвореності ландшафтів з подальшою якісною інтерпретацією результатів запропонував і апробував у дослідженнях ландшафтів України П.Г. Шищенко (як вдосконалений варіант методичних розробок К. Г. Гофмана [1] – з додатковим врахуванням глибини чи «ваги» кожного виду землекористування у загальній перетвореності ландшафтів) [8, 9]. Відповідно, таку формулу було застосовано для дослідження ландшафтів Зміївського району Харківської області:

$$K_{\text{ап}} = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i \cdot P_i \cdot q_i)}{100}, \quad (1)$$

де  $K_{\text{ап}}$  – коефіцієнт антропогенної перетвореності,  $r_i$  – ранг антропогенної перетвореності території  $i$ -м видом природокористування,  $P_i$  – площа рангу, %,  $q_i$  – індекс глибини перетвореності території,  $n$  – кількість видів природокористування в межах досліджуваної території.

Застосування даної методики для дослідження антропогенної перетвореності ландшафтів Зміївського району здійснювалося в декілька етапів:

ЛАНДШАФТИ ЗМІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

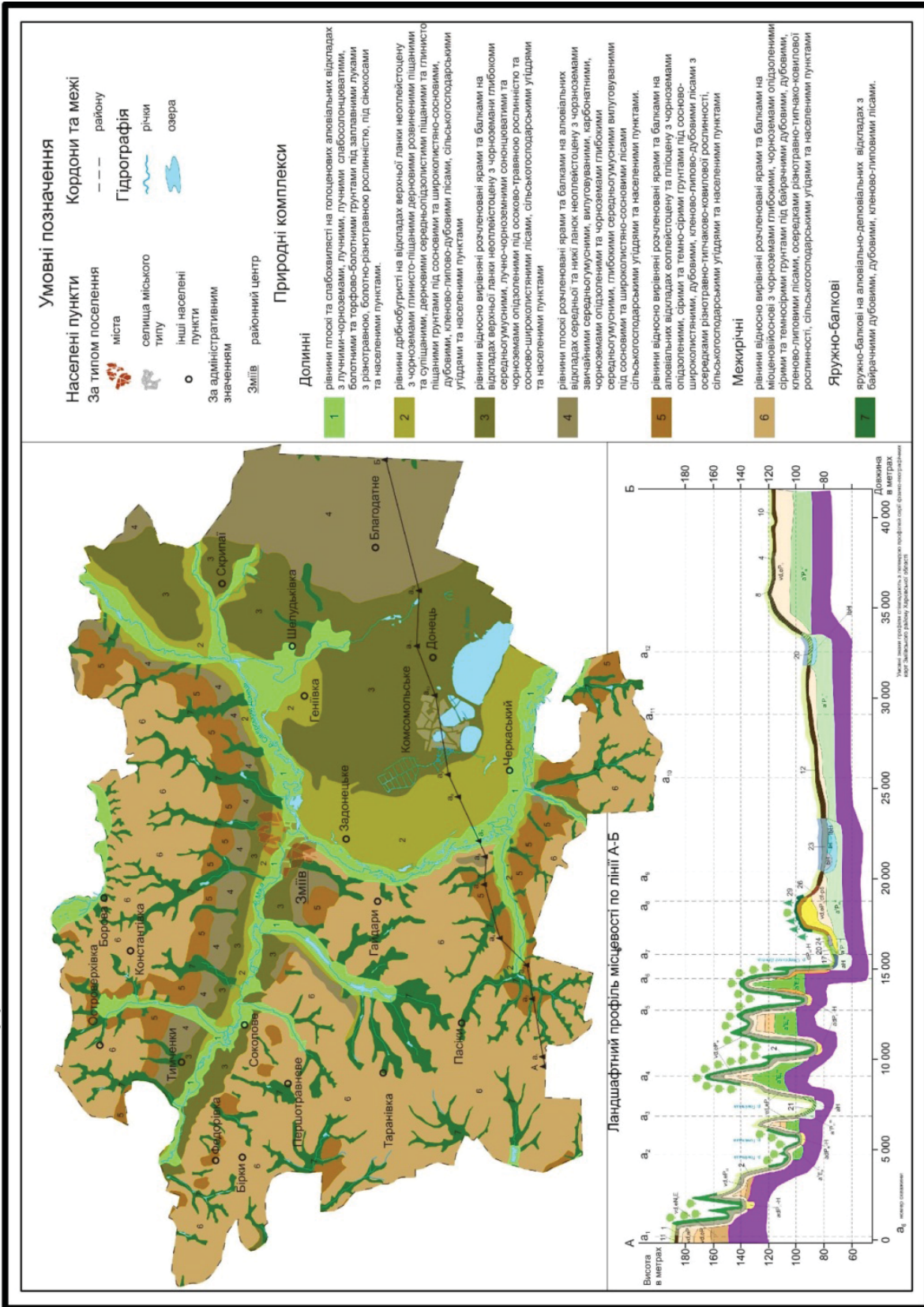


Рис. 1. Карта ландшафтів Зміївського району (масштаб зменшено)

1 етап – вивчення ландшафтної структури території, укладання карти природних ландшафтів району; 2 етап – аналіз структури землекористування та укладання відповідної карти; 3 етап – визначення схеми розрахунку коефіцієнта антропогенної перетвореності ландшафтів засобами ГІС-аналізу; 4 етап – визначення антропогенної перетвореності ландшафтів досліджуваної території та оформлення результатів розрахунків у картографічному вигляді. Дослідження здійснене із використанням програмного забезпечення ArcGIS.

На 1-ому етапі було створено геоінформаційні шари даних: рельєф, геологічна основа, ґрунти, рослинність, на основі яких здійснене укладання карти природних ландшафтів (рис. 1). За результатами ро-

боти розроблено серію фізико-географічних карт Зміївського району та обґрунтовано алгоритм геоінформаційного картографування ландшафтів, що детально висвітлювалися раніше [7].

На 2-ому етапі, за офіційними статистичними даними Харківського обласного управління земельних ресурсів та картографічними матеріалами, проведено аналіз структури землекористування, укладено геоінформаційний шар використання земель Зміївського району та розроблено відповідну карту (рис. 2). При цьому до геоінформаційного шару дані внесені у відповідності до класифікації земель, що використовується в обраній методиці визначення антропогенної перетвореності ландшафтів. Крім того, в атрибутивній таблиці шару кожному об'єкту присво-

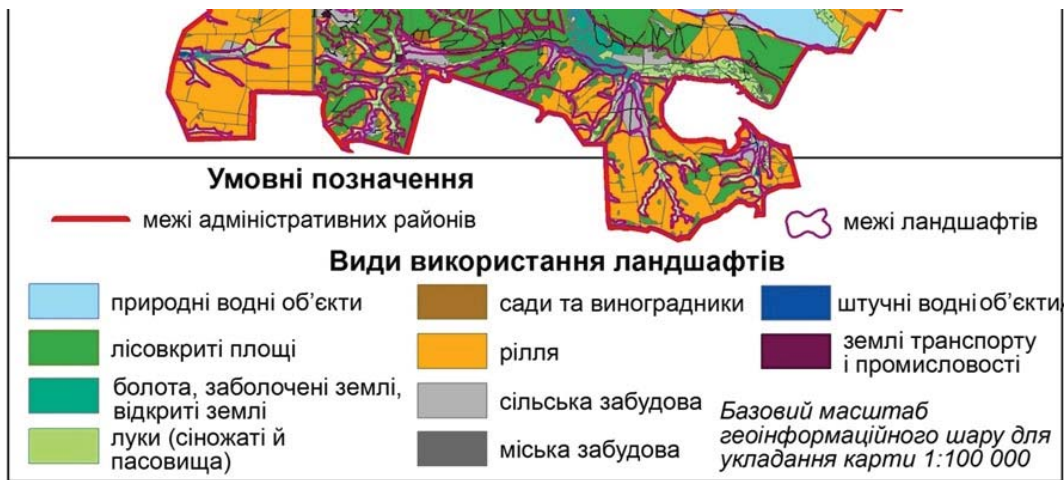


Рис. 2. Фрагмент візуалізації та картографічного оформлення геоінформаційних шарів землекористування і ландшафтної структури території (масштаб зменшено)

**АНТРОПОГЕННА ПЕРЕТВОРЕНІСТЬ ЛАНДШАФТІВ ЗМІЙСЬКОГО РАЙОНУ  
(загальновидова і локальна варіація значень)**

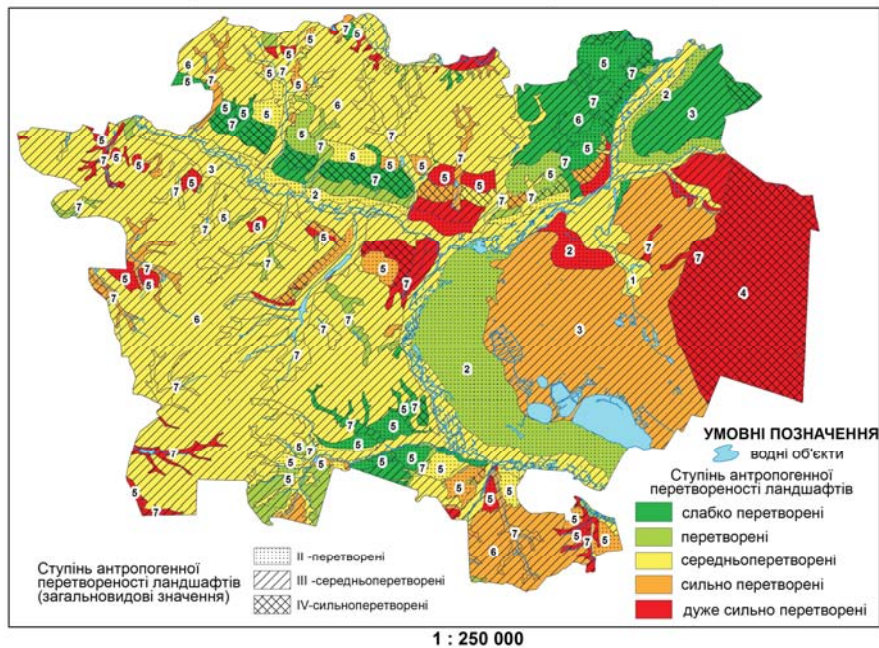


Рис. 3. Карта антропогенної перетвореності ландшафтів Зміївського району (масштаб зменшено)



ені необхідні для подальших розрахунків показники, визначені у методиці [9] – ранги природокористування ( $r_i$ ) та індекси глибини перетвореності ( $q_i$ ):

- природні водні об'єкти – 1/1;
- ліси та інші лісовкриті площі – 2/1,05;
- болота, заболочені землі, – 3/1,1;
- луки (сіножаті й пасовища) – 4/1,15;
- сади та виноградники – 5/1,2;
- рілля (орні землі) – 6/1,25;
- сільська забудова – 7/1,3;
- міська забудова – 8/1,35;
- водосховища, канали (штучні водні об'єкти) – 9/1,4;
- землі транспорту та промисловості – 10/1,5.

На *погальших етапах* дослідження, із використанням аналітичного інструментарію та математичних операторів ГС, здійснено розрахунок коефіцієнта антропогенної перетвореності ландшафтів за наступною схемою: співставлення геоінформаційних шарів ландшафтів та землекористування із поділом земельних угідь на окремі полігональні об'єкти в межах різних ландшафтів, із збереженням заданих атрибутивних ознак (класифікаційного типу земель, показників  $r_i$  і  $q_i$ ); розрахунок площі кожного виду землекористування в межах окремих видів ландшафтів та визначення відсотку цієї площі у загальній площі ландшафту (показник  $P_i$ ); визначення кількості видів землекористування в межах окремого ландшафту (показник  $n$ ); розрахунок коефіцієнта антропогенної перетвореності ландшафтів ( $K_{an}$ ). На основі проведених розрахунків отримані кількісні та якісні показники антропогенної перетвореності ландшафтів Зміївського району, які збережені у геоінформаційній базі даних та узагальнені в картографічному вигляді (рис. 3).

**Висновки і перспективи досліджень.** Із застосуванням запропонованої схеми ГС-аналізу визначено, що середній показник антропогенної перетвореності в межах Зміївського району складає 5,83 (середньо перетворені ландшафти). При цьому лише один вид ландшафту (четвертий згідно рис. 1.) характеризується як сильноперетворений антропогенною діяльністю, що зумовлено переважаючим використанням земельних угідь під міську забудову, рілля, землі промисловості та транспорту. На нашу думку, подальші наукові пошуки доцільно спрямувати на більш детальне вивчення антропогенних змін у межах окремих ландшафтів, з врахуванням їх морфологічної структури, у тому числі на основі польових досліджень.

Крім того, вплив окремих об'єктів (наприклад, Зміївська ТЕС) не може бути оцінений лише за площею території, яку вони використовують (займають), тобто лише за структурними змінами ландшафтів. Необхідним є врахування порушень функціонального, динамічного та еволюційного режимів території, які можуть бути зумовлені дією техногенних та інших об'єктів. Тому оцінка антропогенної перетвореності ландшафтів визначається нами як вихідна основа для проведення комплексних ландшафтно-екологічних досліджень території у перспективі.

\* *Робота виконана за підтримки Фонду фундаментальних, прикладних та пошукових науково-дослідних робіт ХНУ імені В.Н. Каразіна (тема № 40-12/811 Н, № держреєстрації 0112U003023, 2012 р.)*

**Рецензент – доктор географічних наук, доцент  
В. А. Пересадько**

### Література:

1. Гофман К. Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики / К. Г. Гофман. – М.: Наука, 1977. – 237 с.
2. Дарчук К. В. Регіональні особливості антропогенної перетвореності території Івано-Франківської області. // К. В. Дарчук, М.-Т. М. Атаманюк. – Науковий вісник Чернівецького університету. Вип. 553-554: географія. – Чернівці, 2011. – С. 16-20.
3. Мальчикова Д. Регіональні закономірності перетвореності природного середовища Херсонської області / Д. Мальчикова // Часопис соціально-економічної географії. Випуск № 5. – Харків, 2008. С. 181-187.
4. Пересадько В. А., Сінна О. І. Теоретичні та прикладні аспекти застосування геоінформаційних технологій при розробці ландшафтно-екологічних карт регіонів (на прикладі Харківської області) / В. А. Пересадько, О. І. Сінна // Вісник Харківського національного університету № 824. Серія «Геологія, географія, екологія». Випуск 29. – Харків, 2008. – С. 179-186.
5. Потапова А. Г. Регіональні закономірності перетвореності природних агроландшафтів Волинської області / А. Г. Потапова // Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2011. – № 9: геогр. науки. – С. 29–33.
6. Сінна О. І. Ландшафтно-екологічне картографування регіонального рівня: сутність та сучасні напрями / О. І. Сінна // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. – Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2011. – Вип. 14. – С. 96–100.
7. Сінна О. І. Розробка алгоритму картографування ландшафтів засобами ГС: досвід, проблеми, перспективи / О. І. Сінна, О. І. Шерстюк // Проблеми безперервної географічної освіти та картографії: Збірник наукових праць. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – Вип.16. – С. 113–115.
8. Шищенко П. Г. Прикладная физическая география / П. Г. Шищенко. – К.: Вища школа, 1988. – 192 с.
9. Шищенко П. Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании: монография / П. Г. Шищенко – Киев : Фитосоцицентр, 1999. – 284 с.

УДК 528.8.04

А. В. Соколовська, О. В. Томченко

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України



## ДОСЛІДЖЕННЯ АНТРОПОГЕННИХ ЗМІН ЕКОСИСТЕМ ЗАСОБАМИ ГІС/ДЗЗ-ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМНИХ МЕТОДІВ

Дослідження та оцінка екологічного стану антропогенно змінених ландшафтів виконані засобами ГІС/ДЗЗ-технологій з використанням методів системного аналізу. В даній роботі наведені результати дешифрування багаторічних космічних зйомок з КА Landsat 5 на ділянках з різним рівнем антропогенного навантаження. Зокрема, на одній з них простежується природна тенденція до самовідновлення в наслідок тривалого невтручання людини (мілководдя верхів'я Київського водосховища), а на іншій – навпаки – посилення техногенного впливу (територія м. Київ). В роботі були використані наступні методи: системної динаміки – адаптивного балансу впливів; багатокритеріальної оптимізації; просторово-частотного аналізу; марковських моделей зображень; фрактальної геометрії. Запропоновані підходи надають змогу не лише проводити на якісно новому рівні моніторинг впливу складових ландшафту на стан території, але також з незначними похибками прогнозувати зміну екологічної ситуації та розробляти збалансований менеджмент і план дій державних служб.

**Ключові слова:** системний аналіз, метод адаптивного балансу впливів, метод багатокритеріальної оптимізації, антропогенний ландшафт

A. Sokolovska, O. Tomchenko

### THE STUDY OF ANTHROPOGENIC CHANGES IN ECOSYSTEMS ON A BASIS OF TOOLS OF GIS / RS TECHNOLOGIES USING METHODS OF SYSTEM ANALYSIS

Research and environmental state evaluation of anthropogenically altered landscapes was made on a basis of tools of GIS / RS technologies using methods of systems analysis. The image interpretation of Landsat 5 satellite imagery time series of the test areas with different stress levels was made. In particular, the natural tendency of self-regeneration is observed on the one of the test areas, as a result of prolonged human noninterference (shallow waters of upper Kiev reservoir). In contrast, the intensive anthropogenic impact is evidenced on other area (the territory of Kyiv). The following methods were used in the research: system dynamics – influences adaptive balance; multiobjective optimization, spatial-frequency analysis, Markov model images, fractal geometry. The proposed approach provides an opportunity not only to conduct a qualitatively new level of monitoring of the impact of landscape elements on the territory state, but also to predict changes in the ecological situation with minor errors and develop a sustainable management plan and public services.

**Keywords:** system analysis, methods of influences adaptive balance, methods of multiobjective optimization, antropogenous landscape

А. В. Соколовская, О. В. Томченко

### ИССЛЕДОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОСИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ГИС / ДЗЗ ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМНЫХ МЕТОДОВ

Исследование и оценка экологического состояния антропогенно измененных ландшафтов выполнены средствами ГИС/ДЗЗ-технологий с использованием методов системного анализа. В данной работе приведены итоги дешифрирования многолетних космических съемок с КА Landsat 5 на участках с разным уровнем антропогенной нагрузки. В частности, на одном из них прослеживается естественная тенденция к самовосстановлению в результате длительного невмешательства человека (мелководье верховья Киевского водохранилища), а на другом наоборот усиление техногенного воздействия (территория г. Киев). В работе были использованы следующие методы: системной динамики – адаптивного баланса влияний; многокритерияльной оптимизации; пространственно-частотного анализа, марковских моделей изображений, фрактальной геометрии. Предложенные подходы дают возможность не только проводить на качественно новом уровне мониторинг влияния составляющих ландшафта на состояние территории, но также с незначительными погрешностями прогнозировать изменение экологической ситуации и разрабатывать сбалансированный менеджмент и план действий государственных служб.

**Ключевые слова:** системный анализ, метод адаптивного баланса влияний, метод многокритерияльной оптимизации, антропогенный ландшафт

**Вступ.** Серед сучасних методів контролю екологічної ситуації найбільш ефективними є методи, що засновані на використанні геоінформаційних систем (ГІС) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Незважаючи на те, що за багато років експлуатації ресурсних супутників Землі накопичено значний досвід застосування ГІС і методів ДЗЗ для вирішення природогосподарчих задач, роботи з удосконалення ГІС-технологій і методів дешифрування космічних знімків (КЗ) продовжуються і в даний час. Досліджуються різні інформативні ознаки

ландшафтно-техногенних систем, розробляються нові методи дешифрування КЗ, формуються моделі потенційних кризових ситуацій тощо.

Новітні напрямки підвищення ефективності використання геоінформації передбачають не лише отримання інформації про об'єкт досліджень (дистанційної та наземної), але й самі дослідження, спрямовані на одержання повних уявлень про об'єкт і супутні процеси на основі обчислюваних характеристик. Цим обумовлена необхідність створення якісно нових системних методів використан-

ня даних ДЗЗ, що дозволяють підвищити ефективність вирішення завдань природокористування на основі комплексних досліджень екосистеми [4].

**Мета дослідження:** оцінити поступові зміни, що відбуваються в природних та урбанізованих екосистемах, використовуючи багаторічні космічні знімання супутника Landsat 5, та змоделювати різні сценарії подальшого розвитку екологічного стану території.

**Об'єкт дослідження та передумови.** Об'єктом дослідження є дві ділянки антропогенно змінених ландшафтів, на одній з яких простежується природна тенденція до самовідновлення внаслідок тривалого невтручання людини (мілководдя верхів'я Київського водосховища), а на іншій, навпаки, посилення техногенного навантаження (територія м. Київ).

Сучасний розвиток великих міст багато в чому відбувається за рахунок перетворення і більш раціонального використання внутрішньої структури без розширення меж міської території. В результаті витісняється зелена зона, відбувається ущільнення забудови території, збільшується чисельність населення і, відповідно, транспорту, що, безумовно, позначається на екологічному стані міського середовища. Площа території під забудовою у місті Київ збільшилася більш ніж на 15% від загальної площі міста за період з 1984 р. по 2011 р., безпосередньо за рахунок зменшення зелених насаджень, а також забудови прибережної зони річки Дніпро. Разом зі збільшенням площі забудови майже вдвічі збільшився загальний показник забруднення атмосферного повітря, що вказує на безпосереднє збільшення кількості автотранспорту, який є головним забруднювачем повітря (приблизно 83,4 % усіх шкідливих викидів в атмосферу). Саме ці фактори й обумовлюють вибір міста Київ в якості об'єкта дослідження.

Створення Київського водосховища в 1964 р., як і взагалі Дніпровського каскаду, поряд з позитивними результатами поставило ряд важливих екологічних проблем. В результаті створення водосховищ затоплено 694,8 тис. га земель, а прилегли до них підтоплені території (з глибиною залягання ґрунтових вод до 2 м) займають 93,5 тис. га. Найбільшу увагу привертають до себе мілководдя – ділянки акваторії з глибинами менше 2 м. На думку фахівців-гідробіологів, мілководдя повинні займати близько 20 % загальної площі водосховищ – це той необхідний мінімум, що утворює природний біофільтр між основною акваторією водосховищ і прилеглим суходолом [2]. Сучасна площа заростання верхів'я Київського водосховища становить більше 40 % та збільшилась вдвічі від 1985 р. за рахунок поширення вищої водної рослинності з домінуванням плейстофітів та гелофітів. Паралельно з цим з мілководдями пов'язані такі негативні процеси, як замулювання і заболочування, зокрема впродовж 25 років втричі зросла концентрація CO<sub>2</sub>, що було аналізовано за даними ЦГО.

**Методи дослідження.** В якості методичної основи досліджень екологічного стану антропогенно змінених ландшафтів використовується системний підхід, що всебічно враховує взаємозв'язок процесів у складній системі, включаючи технічні, екологічні, економічні та соціальні аспекти.

Дослідження проведені з використанням наступних методів:

- системної динаміки – адаптивного балансу впливів;
- багатокритеріальної оптимізації;
- просторово-частотного аналізу, марковських моделей зображень, фрактальної геометрії.

Для обробки та інтерпретації матеріалів ДЗЗ були використанні ПК Erdas Imagine та ArcGIS. Статистичні дані щодо зміни площ досліджуваних ландшафтів отримані на основі автоматичної класифікації та розрахунку «спектральних індексів» (нормалізованого різницевого індексу рослинності *NDVI* та нормованого водного індексу *NWI*). Автоматична класифікація виконувалася методом неконтрольованої класифікації кластерів (*Iso Cluster Unsupervised Classification*), в основі якої лежить ітеративний процес, який застосовується для обчислення мінімальної Евклідової відстані при віднесенні кожної найближчої комірки до певного кластеру.

Запропоновані методи були апробовані на обох тестових ділянках. Для прикладу детально розглянемо метод адаптивного балансу впливів - *Adaptive Balance of Causes (ABC-memog)* для оцінки екологічного стану м. Києва.

У роботі І. Е. Тімченко і Е. М. Ігумнової показано можливість застосування для моделювання природних процесів методу АВС, який заснований на врахуванні ієрархії та причинно-наслідкових зв'язків між модулями складної системи на основі системної динаміки Д. Форрестера [6]. АВС-метод передбачає, що модулі системи знаходяться в стані динамічної рівноваги, підтримуваної функціями впливу, які пов'язують даний модуль з іншими модулями системи. При управлінні зовнішньої дії на систему всередині неї зберігається режим динамічного балансу впливів [1].

Основне рівняння методу виражає баланс тенденцій у зміні значень процесу ( $x$ ), обумовлених впливами на нього з боку інших процесів:

$$dx_i / dt = [1 - 2F^{(+)}(a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n + x_i)] \quad (1)$$

Рівняння (1) стає найбільш простим у разі вибору базової функції впливів  $F^{(+)}$  у формі параболи, що асимптотично наближається до одиниці [5]. При цьому рівняння стає лінійним і набуває вигляду:

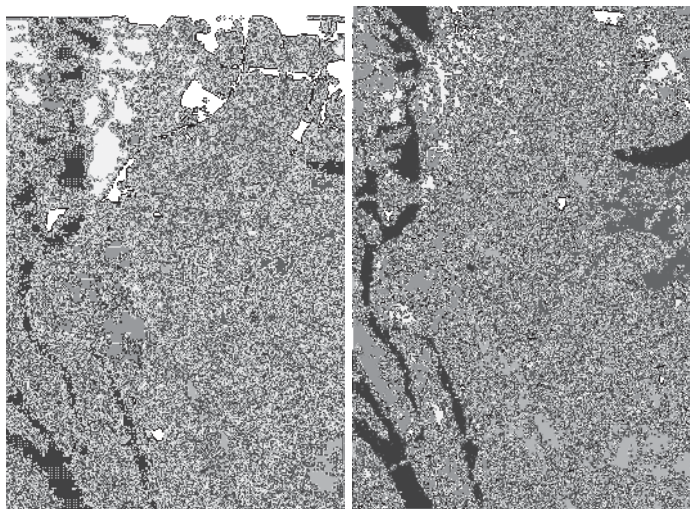
$$\frac{dx_i}{dt} = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{i,i-1}x_{i-1} + a_{i,i+1}x_{i+1} + \dots + a_{in}x_n - x_i \quad (2)$$

де  $t$  – часовий або просторовий аргумент процесу.

Надаючи індексу  $i$  в останньому рівнянні значення 1, 2, ...  $n$ , при дотриманні умови (2) одержимо систему рівнянь математичної моделі, яку будемо використовувати в подальшому [3].

У даній роботі для моделювання складних систем на основі викладеної вище теорії було використано програму, розроблену у Центрі аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України.

**Результати досліджень.** На основі дешифрування і аналізу космічних зображень міста Київ за період 1994–2011 рр. було отримано основні складові урболандшафту, вплив яких на екологічний стан міської території досліджується далі, а саме: забудова (С), зелена зона (А), водні об'єкти (В) і техногенне навантаження (Т), значення яких приведені в табл. 1.



а) Landsat 5 TM, 1994 рік      б) Landsat 5 TM, 2010 рік

Таблиця 1

**Результати обчислення площ складових урболандшафту (км<sup>2</sup>), чисельних оцінок екологічного стану  $E$  в умовних одиницях та техногенне навантаження (мг/м<sup>3</sup>).**

Роки	$K$ (ум. од)	$E$ (відн. од)	$A$ (км <sup>2</sup> )	$B$ (км <sup>2</sup> )	$C$ (км <sup>2</sup> )	$T$ (мг/м <sup>3</sup> )
1994	9,80	0,102	602,2	48,3	174,4	1,72
1996	10,00	0,099	601,4	48,4	177,9	1,74
1998	10,25	0,097	600,7	47,2	178,4	2,10
2000	11,02	0,090	598,6	48,4	175,4	2,13
2002	14,30	0,069	591,2	45,2	182,7	2,00
2004	14,96	0,067	584,7	45,8	190,9	2,32
2006	15,40	0,065	585,3	45,6	192,5	2,59
2008	15,96	0,062	573,7	45,9	202,9	2,81
2010	18,32	0,055	568,2	45,6	211,8	2,95
2011	18,50	0,054	567,8	45,6	217,6	3,18

Екологічний стан міста був оцінений на основі комплексного індексу забруднення атмосфери ( $K$ ), значення якого були отримані наземною оцінкою екологічного стану за матеріалами ЦГО. При цьому в якості критерію оцінки екологічного стану міста використовувалося відношення  $E = 1/K$  (у. о.). В якості техногенного навантаження використовувалося значення концентрації  $CO_2$  в атмосфері, які були отримані сенсором AIRS KA Aqua за період з 2002 по 2009 рр. За відсутні роки використовувалося значення загазованості атмосфери міста газом  $CO$  на основі даних ЦГО. При цьому коефіцієнт кореляції супутникових і наземних вимірювань складав близько 0,9.

На рис. 1, як приклад, представлені два фрагменти зображень міста Київ, отримані в результаті дешифрування космічних знімків за 1994 і 2010 роки. Зіставлення наведених зображень дозволяє побачити істотні розходження в розмірах площ складових міської території, які відбулися за цей період.

Системне моделювання і прогнозна оцінка розвитку екологічного стану міської території під впливом змін складових урболандшафту виконувалась на основі рівнянь (1).

Рис. 1. Фрагменти зображень міста Київ, отримані в результаті дешифрування космічних знімків за 1994 р. (а) і 2010 р. (б)

Моделювання екологічного стану міської території за досліджуваний період виконувалося шляхом виявлення впливу на екологічний стан міста змін кожної складової урболандшафту на 10%: зеленої зони, водойм, забудови та техногенного навантаження. Результати моделювання приведені на рис. 2.

З графіків (рис. 2) видно, що модель адекватно реагує на зміну складових урболандшафту. Так, підвищення техногенного навантаження викликає значне погіршення екологічного стану. Зростання площ забудови впливає в меншій мірі, а збільшення площ зеленої зони і водойм приводить до значного покращення екологічного стану території міста Київ.

Описана методика була використана як для урбанізованої території, так і для самовідновлюваної екосистеми верхів'я Київського водосховища. Отримані результати доводять ефективність системного аналізу для вивчення екологічного стану різних типів антропогенних ландшафтів.

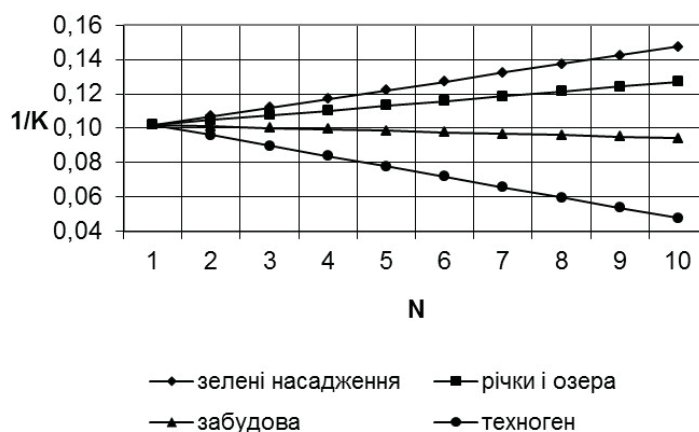


Рис. 2. Результати моделювання змін екологічного стану в залежності від зміни площ зеленої зони, водойм та забудови техногенного навантаження

**Висновки.** Розглянуті методи системного підходу до дослідження антропогенних змін екосистеми на основі даних ДЗЗ дозволяють розширити функціональні можливості космічного геомоніторингу і тим самим підвищити його ефективність.

На основі системного підходу з використанням АВС-методу і даних ДЗЗ проведено системне моделювання впливу основних складових урболандшафту на екологічний стан міста Київ, яке визначило, що сформована модель адекватно реагує на збільшення обсягу техногенного навантаження ( $T$ ) та інших складових ( $A$ ,  $C$ ,  $B$ ), яке призводить до відповідних змін екологічного стану ( $E$ ) міської території.

Запропоновані підходи дають змогу не лише проводити на якісно новому рівні моніторинг впливу складових урболандшафту, але також з незначними похибками прогнозувати, виходячи із реальних умов, зміну екологічного стану територій та розробляти збалансований менеджмент і план дій державних служб.

Рецензент – доктор геологічних наук  
О. І. Сахацький

### Література:

1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. / [В. І. Лялько, О. Д. Федоровський, М. О. Попов та ін.] — К.: Наукова думка, 2006. — 352с.
2. Даргейко Л. Ф. Системный подход к оценке эффективности аппаратурных комплексов дистанционного зондирования Земли / Л. Ф. Даргейко, В. П. Зубко, А. Д. Федоровский, В. Г. Якимчук // Космична наука і технологія. — 2001. — Т 7. № 5-6. — С. 75-79.
3. Згуровский М. З. Системный анализ / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. — К.: Наукова думка, 2005. — 743 с.
4. Зеров К. К. Формирование растительности и зарастание водохранилищ Днепровского каскада. — К.: Наукова думка, 1976. — 142 с.
5. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн. — М.: Наука, 1974. — 831 с.
6. Forrester J. W. Principles of Systems. Cambridge MA, Productivity Press / J. W. Forrester, 1968. — 320 pp.

УДК 004.418:528.94

**В. П. Ткаченко, М. І. Губа, В. Д. Овраменко, О. П. Зелений**  
Харківський національний університет радіоелектроніки



## ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ МІСЬКИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ

Розглядаються концептуальні засади створення інструментальних засобів міської геоінформаційної системи (МГІС) на базі програмних продуктів з відкритим кодом. Наводиться організаційно-технічна структура МГІС, основні положення її концептуальної архітектури, функції інструментальних модулів та засоби їх реалізації.

**Ключові слова:** міська геоінформаційна система, програмні продукти з відкритим кодом

W. Tkachenko, N. Guba, W. Owrmenko, A. Zeleny

### TOOLS CREATION OF URBAN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS BASED ON SOFTWARE AND OPEN SOURCE

Conceptual principles of the creating instrumental base of the urban Geographic Information System (MGIS) based program products with open source are considered. Provides organizational and technical structure of MGIS the main provisions of her conceptual architecture, function development software modules and tools for their implementation.

**Keywords:** urban geographic information systems, software and open source

В. П. Ткаченко, Н. И. Губа, В. Д. Овраменко, А. П. Зеленый

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СОЗДАНИЯ ГОРОДСКИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ

Рассматриваются концептуальные принципы создания инструментальных средств городской геоинформационной системы (МГИС) на базе программных продуктов с открытым кодом. Приводится организационно-техническая структура МГИС, основные положения ее концептуальной архитектуры, функции инструментальных программных модулей и средства их реализации.

**Ключевые слова:** городская информационная система, программные продукты с открытым кодом

### Вступ

Сучасне місто являє собою складну, територіально-розподілену, соціально-економічну й господарську систему. Управління такою системою вимагає створення та впровадження ефективних механізмів, що базуються на сучасних інформаційних технологіях. Важливу роль у реалізації ефективних механізмів управління територіально-розподіленими об'єктами відіграють сьогодні геоінформаційні системи й технології, що надають унікальні можливості просторового моніторингу міської інфраструктури з метою прийняття ефективних управлінських рішень [1].

**Аналіз стану проблеми розробки МГІС.** Аналіз сучасного стану впровадження інформаційних технологій у процеси управління міським господарством свідчить про те, що в Україні, у Росії як і у світі в цілому уже є певний досвід розробки й експлуатації геоінформаційних систем. Міські інформаційні системи і їх підсистеми створюються й впроваджуються в містах: Києві, Харкові, Дніпропетровську, Вінниці, Москві, Уфі, Пермі, Новосибірську та ін. Практика впровадження цих систем дає підставу зробити наступні висновки:

Інтегруючою основою, яка дозволяє комплексно вирішувати економічні, політичні, соціальні й природоохоронні завдання на території міста, є просторова інформація, тому що всі завдання управління містом так чи інакше пов'язані з місцем розташування об'єктів, суб'єктів або подій на даній території.

Ефективне застосування сучасних інформаційних технологій для планування розвитку, оперативного управління міським господарством потребує створення єдиної загальноміської системи збору, збереження й розподіленої обробки просторової інформації загального користування.

Одним із найважливіших завдань, яке необхідно розв'язати в процесі проектування та впровадження МГІС, є проблема вибору інструментального програмного забезпечення, здатного реалізувати багаторівневу систему із централізованим зберіганням даних і розподіленою їх обробкою за технологією «клієнт-сервер». Існуючі комерційні програмні засоби різних закордонних фірм здатні реалізувати складні прикладні геоінформаційні системи із колективним доступом і розподіленою обробкою інформації. Особливе місце в переліку інструментальних геоінформаційних систем займають програмні засоби фірми ESRI (США), які дозволяють будувати масштабовані ГІС — від локальних (настільних), до корпоративних. Однак істотним недоліком подібних інструментальних програмних засобів є їх ви-

сока вартість, яка, на жаль, неадекватна фінансовим можливостям органів місцевого самоврядування більшості міст України й країн СНД. Це, у більшості випадків, стає основним фактором, що стримує процеси розробки й впровадження муніципальних ГІС. Альтернативним розв'язком цієї проблеми є вибір у якості базових інструментальних програмних засобів продуктів, які розробляються у рамках міжнародних програм Open GIS Consortium (OGC).

**Мета дослідження.** Метою дослідження є розробка технології та інструментальних засобів створення міських геоінформаційних систем на базі програмних продуктів з відкритим кодом, що дозволяє підвищити їх ефективність і знизити вартість створення, впровадження, супроводу та розвитку.

*Завданнями дослідження* є розробка принципів створення єдиного інформаційного простору міста і організації інформаційних ресурсів МГІС, розробка концептуальної архітектури МГІС, принципів організації геопросторових даних МГІС, програмного, організаційно-технічного забезпечення створення та експлуатації міської геоінформаційної системи.

### Архітектура МГІС

Міська геоінформаційна система є інструментальним засобом інтеграції і аналізу різнопланової інформації відносно просторових об'єктів інфраструктури міста і призначена для комплексного інформаційно-аналітичного забезпечення діяльності керівництва та посадових осіб органів місцевого самоврядування, організацій, підприємств та населення міста, а також для централізованого аналізу і прогнозу показників соціально-економічного розвитку міста.

МГІС створюється як комплекс уніфікованих інформаційних підсистем які використовують єдину цифрову картографічну основу (ЄЦКО) й просторову інформаційну модель міста [2].

ЄЦКО і просторова інформаційна модель міста відносяться до базових інформаційних ресурсів міста, які повинні містити повну, несуперечливу інформацію про об'єкти інфраструктури міського господарства й інші об'єкти, які знаходяться на території міста, включаючи їх географічне положення на цифрових картах.

Підсистеми МГІС призначені для оперативної інформаційної підтримки користувачів відповідно до вирішуваних ними задач і їх повноважень. Кожна з підсистем для реалізації своєї функціональності використовує власну інформаційну модель території, побудовану на основі ЄЦКО і окремих інформаційних шарів просторової моделі міста.

До складу базових підсистем МГІС входять:

- Адресна система (АС) міста;
- Автоматизована система земельного кадастру (АСЗК) міста;
- Автоматизована система майнового кадастру (АСМК) міста;
- Автоматизована система ведення чергового цифрового плану (АСВЧЦП) міста;
- Підсистема авторизації та розподілу повноважень.

Програмні засоби МГІС побудовані з використанням сучасних WEB – технологій (технологія SaaS – програмне забезпечення як послуга), які забезпечують розподілену обробку даних і не потребують додаткового програмного забезпечення на клієнтських робочих місцях. Архітектура програм-

них засобів МГІС на базі програмних продуктів з відкритим кодом наведена на рис. 1.

Функціонування МГІС у містах повинно підтримуватись відповідною організаційно-технічною структурою, нормативно-правовим, інформаційним, програмним, методичним, технологічним і фінансовим забезпеченням.

МГІС створюється як єдина інформаційна система з універсальним сховищем міських інформаційних ресурсів загального користування – базових інформаційних ресурсів міста (рис. 2), на основі якого будуються “віртуальні” галузеві (відомчі) і інші інформаційні підсистеми, що використовують для рішення своїх функціональних задач крім базових і свої – тематичні інформаційні ресурси [3].

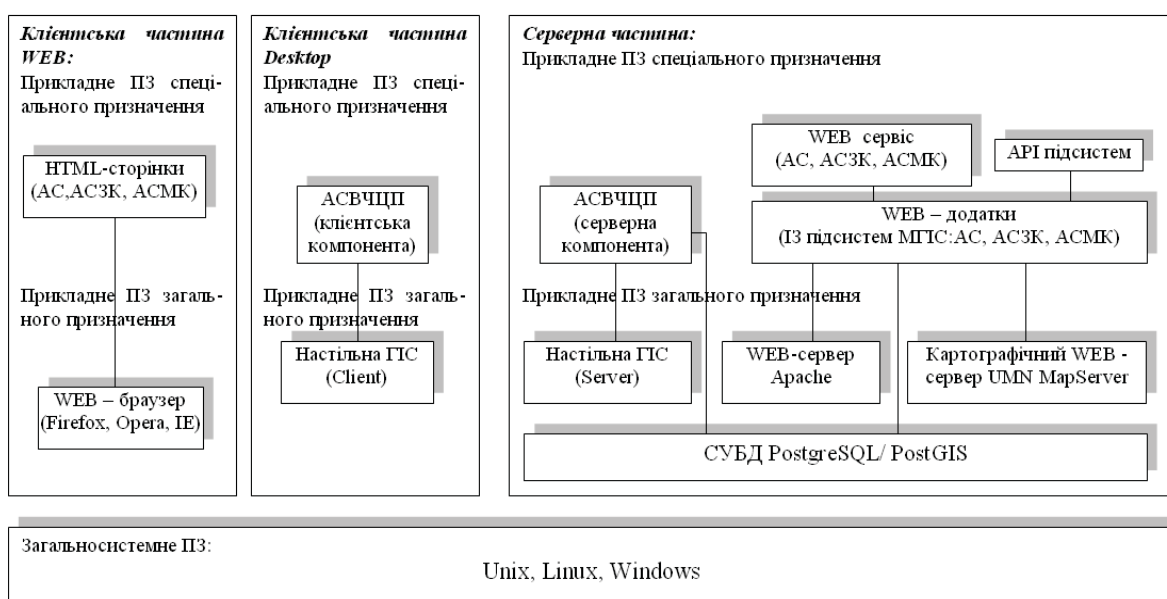


Рис. 1. Архітектура програмних засобів МГІС на базі програмних продуктів з відкритим кодом

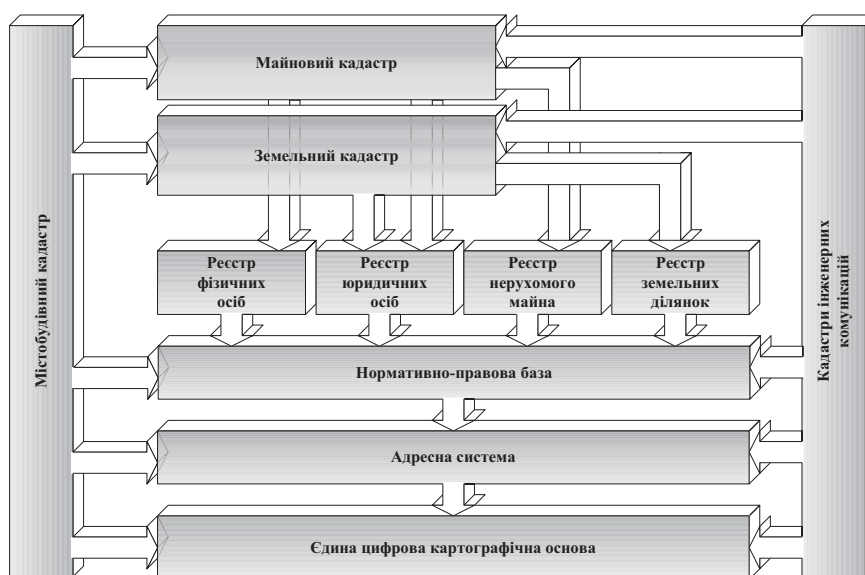


Рис. 2. Структура базових інформаційних ресурсів МГІС

### Концепція інструментальних засобів МГІС

Інструментальні засоби (ІЗ) МГІС складають набір системно-узгоджених програмних компонентів і додатків, які використовуються у складі програмного забезпечення МГІС.

Інструментальні засоби використовуються при створенні програмного забезпечення будь-якої підсистеми МГІС з метою уніфікації рішень щодо програмної структури підсистеми, забезпечують технологічні можливості щодо налаштування, адміністрування і первинного внесення даних [4].

Інструментальні засоби поділяються на наступні категорії:

- системні інструментальні засоби (програмні платформи для розробки, або функціонування прикладного ПЗ, СУБД);
- функціональні компоненти (блоки програмного коду, які реалізують певні уніфіковані функції, інтегруються у прикладне ПЗ);
- інтерфейсні інструментальні засоби (реалізують уніфіковані програмні інтерфейси, інтегруються у прикладне ПЗ);
- інструментальні засоби формування і редагування просторової інформації цифрової моделі території;
- інструментальні засоби візуалізації просторової та атрибутивної інформації цифрових моделей території;
- інструментальні засоби документування просторової та атрибутивної інформації, (реалізують уніфіковані функції формування документів за заданими шаблонами), інтегруються у прикладне ПЗ;

– інструментальні засоби роботи з документами (облік, збереження і контроль проходження документів).

Інструментальні засоби є невід'ємною складовою технології створення МГІС. Технологія створення МГІС визначає перелік існуючих інструментальних засобів, напрямки їх подальшої розробки або вдосконалення, порядок їх застосування.

### Системна платформа для побудови МГІС

Інструментальні засоби й технології створення геоінформаційних систем розроблені в багатьох країнах світу. Найбільш популярними в Україні є:

- сімейство програмних засобів ArcGIS фірми ESRI, США;
- пакет програм MapInfo фірми Mapping Information Systems Corporation, США;
- пакет програм MicroStation фірми Bentley, США;
- набір програмних засобів Панорама, Росія та ін.

Істотною проблемою, що стримує процеси розробки й впровадження МГІС на основі цих інструментальних програмних засобів, як зазначалося вище, є їхня висока вартість, яка не відповідає реальним фінансовим можливостям органів місцевого самоврядування більшості міст України.

В рамках цієї роботи на базі програмних продуктів з відкритим кодом запропонована системна архітектура (рис. 3) та базові інструментальні програмні засоби для створення МГІС, які пройшли практичну апробацію при виконанні проектів з побудови елементів МГІС.

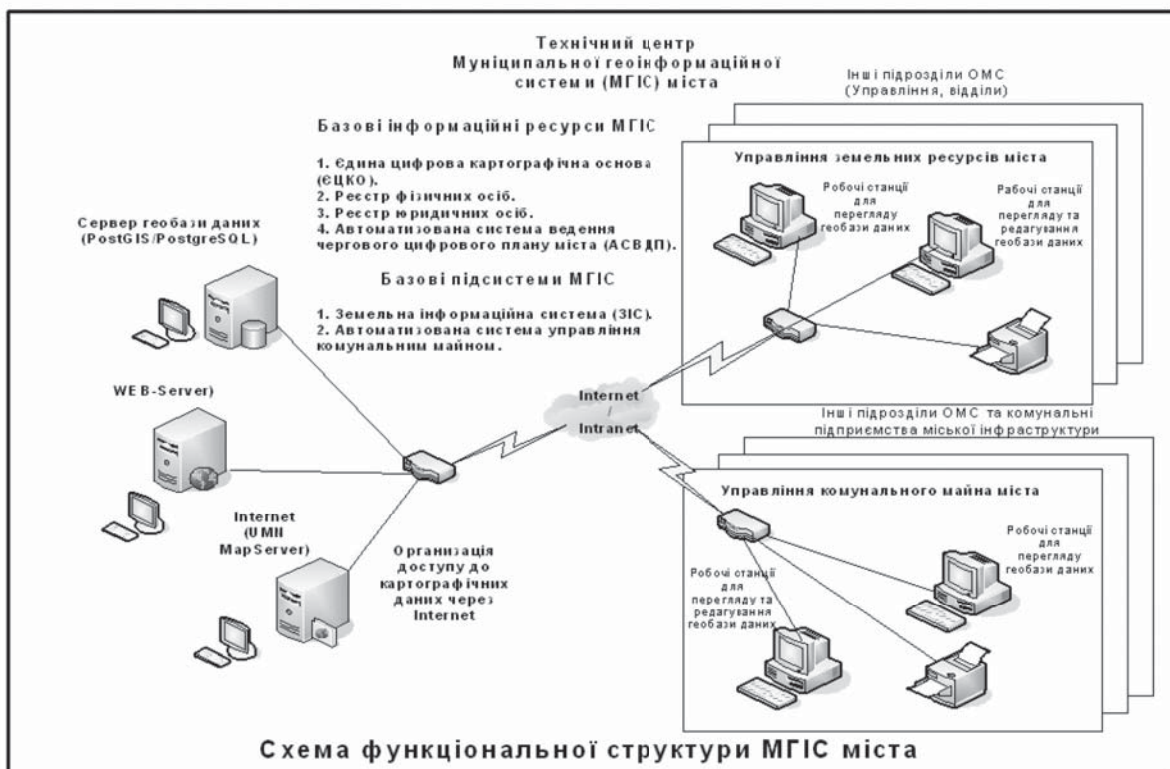


Рис. 3. Системна архітектура МГІС на базі програмних продуктів з відкритим кодом



Для зберігання даних використовується реляційна СУБД PostgreSQL з вбудованим програмним інтерфейсом доступу до просторових даних PostGIS. PostGIS заснований на специфікації Simple Feature, розробленої в рамках Open GIS Consortium (OGC) [5]. Важливою ознакою PostGIS є можливість спільного доступу (читання, запис, оновлення, видалення) до даних.

PostgreSQL є найрозвиненішою СУБД з відкритим кодом, що є надійною й стійкою при великих навантаженнях, може працювати в середовищі різних операційних систем (FreeBSD, Linux, Solaris, Windows), відповідає міжнародним стандартам ISO/ANSI SQL 92, 99, 2003, має інтерфейси для мов Tcl, Perl, C, C++, PHP, ODBC, JDBC і є реальною альтернативою комерційним СУБД.

Для забезпечення віддаленого доступу до геоданих МГІС використовується UMN Mapserver. Він генерує у відповідь на запит растрове зображення карти або плану, яке надсилає клієнтові. Клієнту потрібен Інтернет-браузер (Mozilla, Opera, Internet Explorer), що виключає необхідність придбання та інсталяції клієнтської частини і її конфігурування. Витрати на обслуговування й модернізацію системи при цьому зводяться до мінімуму. UMN Mapserver може працювати як Web-Server з підтримкою протоколу WMS (Web Map Server) — це встановлена OGC специфікація протоколу для зв'язку клієнтів із серверами цифрових карт [6].

UMN Mapserver має відкриту програмну архітектуру, яка дозволяє нарощувати функціональність платформи із застосуванням мови PHP.

Практична апробація вищезазначених програмних засобів для створення підсистем МГІС дозволяє

зробити висновки про можливість й економічну доцільність застосування програмних засобів з відкритим кодом у якості інструментальних для створення міських геоінформаційних систем різного масштабу.

#### **Висновки**

Розроблено підхід до побудови МГІС міста на базі структурованого єдиного загальноміського сховища базових інформаційних ресурсів, запропонована концептуальна архітектура системи, функції та засоби їх реалізації на базі програмних засобів з відкритим кодом.

Реалізація технології на базі запропонованих інструментальних засобів створення МГІС, забезпечує:

- створення умов для впровадження МГІС у містах України за єдиною технологією;
- суттєве зменшення капітальних витрат на систему, за рахунок розроблених інструментальних засобів МГІС, на базі ПЗ з відкритим кодом;
- зменшення витрат на впровадження системи за рахунок єдиної технології створення МГІС;
- зменшення витрат на експлуатацію системи за рахунок високого рівня уніфікованості запропонованих рішень і можливості організації централізованого дистанційного супроводження МГІС;
- створення в містах країни гармонізованих, структурованих за єдиними правилами інформаційних ресурсів міського господарства.

**Рецензент – доктор технічних наук,  
професор І. М. Левикін**

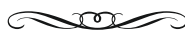
#### **Література:**

1. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы. - М.: Изд-во СП Дата+, 1999. - 491 с.
2. Попов О.В., Губа М.І., Моїсеєнко О.О., Ткаченко В.П. Концепція створення міської геоінформаційної системи Харкова // Вісник геодезії та картографії. — 2006. — № 5(44). — С. 30-35.
3. Положення про муніципальну геоінформаційну систему м. Харкова — Харків: ХНУРЕ. — 2004. — 44 с
4. Губа Н.И., Ткаченко В.Ф., Маслов П.Н. Архитектура и инструментальные средства создания муниципальной геоинформационной системы. // VI Международная научно-практическая конференция «Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии г. Харьков, 24-25 мая, 2011.
5. OpenGIS Specifications // <http://www.opengeospatial.org/specs/?page=specs>.
6. OpenGIS Web Map Service Implementation Specification // [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=5316](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=5316)

УДК 528.44

С. М. Ткачук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка



## ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

В даній статті проаналізовано перспективні напрямки розвитку ГІС-технологій, зокрема, ГІС приміщень, використання ГІС для картографування змін об'єктів та явищ в реальному часі, впровадження хмарних сервісів. Акцентована увага на підвищенні популярності ГІС, як основи для сервісів, що базуються на локації. На основі проведеного дослідження автором зроблено висновки щодо трансформації професійних компетенцій спеціаліста-картографа в контексті бурхливого розвитку інформаційних систем та технологій.

**Ключові слова:** ГІС, ГІС-технології, ГІС-пакет, геопросторова інформація, «хмарний» сервіс.

S. N. Tkachuk

### MODERN DEVELOPMENT TRENDS OF GIS-TECHNOLOGIES

Article analyses modern development trends of GIS-technologies, including GIS indoors, GIS-mapping of objects and events in real-time, implementation of cloud services. The increasing popularity of GIS as a platform for the location-based services is outlined. The author makes conclusions about the transformation of professional competencies of cartographer in the context of the rapid development of information systems and technology.

**Keywords:** GIS, GIS-technology, GIS-package, geospatial information, cloud service.

С. Н. Ткачук

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

В данной статье проанализированы перспективные направления развития ГИС-технологий, в частности, ГИС помещений, использование ГИС для картографирования измененных объектов и явлений в реальном времени, внедрение облачных сервисов. Акцентируется внимание на повышении популярности ГИС, как платформы для сервисов, что основаны на локации. На основе проведенного исследования автором сделаны выводы относительно трансформации профессиональных компетенций специалиста-картографа в контексте бурного развития информационных систем и технологий.

**Ключевые слова:** ГИС, ГИС-технологии, ГИС-пакет, геопространственная информация, облачный сервис.

**Вступ.** Геоінформаційні системи стрімко розвиваються, посідаючи все більш значне місце у життєдіяльності людини. «2012 рік є роком ГІС» — таку заяву зробив доктор Стівен МакЕлрой, завідувач кафедри ГІС Американського університету Сентінеел. Бажання людини знати положення всього на планеті є рушійною силою для розвитку сервісів, що базуються на локації (location-based services). Платформою для таких сервісів є ГІС. Таким чином, значення та роль ГІС у житті людини постійно зростає.

В доповіді дослідницького агентства Pike Research зазначено, що витрати на ГІС-послуги та розробку програмного забезпечення в цій сфері будуть невпинно зростати продовж наступних 5 років та сягнуть 3,7 мільярдів доларів США у 2017 році. Географія як основа ГІС стане спільним знаменником для всіх сфер їхнього господарського використання. За експертними оцінками потреба у спеціалістах географів-картографів зростає на 35 % [6].

**Огляд публікацій.** Питання тенденцій розвитку ГІС зустрічається в працях картографів О. Берлянта, І. Лурьє, А. Володченка. У зарубіжних виданнях фахівців з ГІС до цієї проблематики найчастіше звертаються спеціалісти компанії ESRI, науковці Каліфорнійського університету та Університету Стенфорд. У літературі виділяють три головні напрямки розвитку ГІС:

– впровадження в середовище ГІС матеріалів дистанційного зондування Землі та їх подальша обробка й аналіз інструментами ГІС, а також розпізнавання образів, використання матеріалів радіолокаційних та інших видів геозображень;

– широке використання даних високоточного глобального позиціонування в роботі ГІС;

Інтернет-ГІС, що передбачає інтеграцію ГІС у комп'ютерні мережі.

**Постановка проблеми.** Перераховані тенденції в багатьох аспектах вже реалізовані і нині ефективно функціонують. Виникає питання, які нові перспективи відкриваються перед ГІС, та в якому напрямку вони будуть розвиватися.

**Мета роботи** – виявити нові аспекти розвитку геоінформаційних систем для кращого розуміння вимог, що ставляться перед спеціалістом даної галузі – картографом.

**Виклад основного матеріалу.** Розвиток геоінформаційних технологій є багатоаспектним:

– ГІС вбирають останні інновації в сфері ІТ;

– шукають нові сфери застосування;

– можуть слугувати платформою для інших картографічних сервісів.

В рамках тісної співпраці ГІС та навігаційних технологій перші здатні перейти на новий рівень — ГІС у реальному часі. Традиційно процес створення карт потребує часу та зусиль, тому на картах завж-

ди відображали статичні об'єкти, які змінюються повільно (шляхи сполучення, гідрографія, рельєф). За останні два десятиліття розвиток навігації, технологій дистанційного зондування та програмних продуктів дозволив картографувати будь-які просторово-визначені об'єкти реальної дійсності, при цьому витрачаючи мінімум ресурсів.

У контексті сказаного слід згадати неогеографію — нове покоління засобів та методів роботи з геопросторовою інформацією, яка передбачає домінування растрового відображення (космічних знімків, фото- та відеоматеріалів) над векторним, використання єдиної системи координат та відмову від картографічних проєкцій. Головна ідея неогеографії полягає у тому, що кожна людина не маючи спеціалізованої картографічної освіти чи навичок роботи з ГІС-пакетами може створювати власні карти, відмічаючи на них ті об'єкти, що необхідні та цікаві за їх інтересами [2].

Навігаційна система, доповнена сенсорами, у поєднанні з відкритими картографічними сервісами, дозволяє створити карту, яка у реальному часі передає зміни об'єкта. Нині вже існують карти руху громадського транспорту, моніторингу заторів, карти переміщення літаків та морських суден тощо. Моніторинг та оцінка ситуації в реальному часі стане основним призначенням ГІС [5]. У зв'язку з цим виникне необхідність нового інструментарію, що здатен працювати з інформацією, яка постійно змінюється.

У перспективі картографуванню підлягатиме будь-який просторово-визначений об'єкт на планеті. Положення кожної людини, тварини, транспортного засобу може бути зафіксоване та відображене на карті у реальному часі. Необхідно лише мати сенсор (мобільний телефон, чіп, спеціальну наклейку) і Ви є на карті. Користуючись такою технологією пересічна людина не лише реалізує власні потреби у геопросторовій інформації, а й долучається до процесу картографування.

Зарубіжні науковці одним з можливих напрямків розвитку ГІС вбачають ГІС приміщень (GIS indoors). ГІС завжди були направлені на відображення зовнішнього середовища. За останніми дослідженнями людина проводить лише 13 % часу зовні, а решту - у приміщенні. ГІС — сервіси легко допоможуть знайти ресторан, готель, проте будуть безсилі зорієнтувати користувача у великому торговельному центрі, аеропорті, лікарні тощо. Картографування інтер'єру є досі не розробленим напрямком і тому перспективним. Проте нині на шляху «переміщення» ГІС у приміщення стоять деякі перешкоди. По-перше, необхідність збору та обробки величезного обсягу інформації. За останніми підрахунками обсяг необхідної інформації, з високим рівнем деталізації й використанням 3D зображень, складе 3 Петабайти, що не може бути опрацьовано за сучасного рівня розвитку техніки. До того ж збір даної інформації потребуватиме значних матеріальних та

часових затрат. Другою перешкодою є власне методика збору просторової інформації. Зовні можна використовувати точні системи позиціонування GPS для фіксації місцеположення. Технології ж визначення місцеположення у закритих приміщеннях знаходяться на стадії розробки. Це, зокрема, технологія Wi-Fi з використанням відомих положень передавачів, технологія радіочастотної фіксації RFID та технологія ультразвукової та лазерної візуалізації.

Концептуально ГІС йде по шляху розвитку від технології роботи з базами даних та обміну інформацією в напрямку, основою якого є накопичення та отримання знання. Важливим завданням для ГІС є об'єднання великої кількості різномірної (текстової, візуальної, числової) інформації в єдину систему, що забезпечить різнобічне вивчення планети Земля. У зв'язку з цим виникає необхідність створення порталів з ГІС-каталогами, які б надавали централізований доступ до розподілених інформаційних наборів з різних організацій та країн.

Актуальним напрямком розвитку геоінформаційних технологій є використання можливостей "мейн-фреймових" технологій, які здатні залучати окремі "хмаринки" інформаційних джерел до "головного потоку" та їх змістовно узагальнювати. Використання "хмаринки" або "хмарного" сервісу передбачає, що користувачу не обов'язково мати велику програмну чи апаратну підтримку на комп'ютері, а достатньо лише комп'ютера з виходом до мережі Інтернет. Таким чином, велика кількість даних та сам програмний продукт можуть зберігатися на віддаленому сервері, а користувач працюватиме в браузері. Головні переваги цієї технології:

- користувач використовує лише ті інструменти і ту інформацію, яка потрібна саме йому;
- установа платить лише за ті компоненти програми, якими користується;
- легкий доступ до інформації з будь-якого комп'ютера чи мобільного пристрою за наявності браузера;
- останні зміни внесені до ГІС-проєкту одразу публікуються й усі користувачі знають про них і можуть ними користуватися;
- відсутність необхідності встановлювати ГІС-пакет на комп'ютер.

"Хмарний" сервіс підійме ГІС на новий рівень розвитку, зробить роботу з ними більш ефективною, забезпечить кращий потік та обмін інформацією [4].

**Висновки.** Картографування нині входить у нову еру — споживацьке картографування. Усі перспективи розвитку ГІС як основного інструменту картографування спрямовані на задоволення всіх нових потреб сучасної людини, при цьому заохочуючи її стати частиною цього процесу.

Новітніми тенденціями розвитку ГІС-технологій є: впровадження "хмарних" сервісів, пошук нових сфер застосування — ГІС приміщень та викори-

стання ГІС для картографування змін об'єктів та процесів у реальному часі.

Перед спеціалістом картографом відкривається широка перспектива для реалізації:

– як науковця для аналізу геопросторової інформації,

– як оператора ГІС, що досконало володіє сучасними інструментами і здатен створювати картографічний продукт високої якості;

– як розробника ГІС та програм, що базуються на них, який більш глибоко розуміється на принципах роботи з просторовою інформацією та здатний передбачити потреби користувача ГІС.

**Рецензент – кандидат географічних наук,  
професор А. М. Молочко**

### Література:

1. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование / А. М. Берлянт – М. : Астрей, 1997 – 64 с.
2. Володченко А. О новой картографии или «нео-картографии» / А. Володченко – Часопис картографії: Збірник наукових праць. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2011. – Вип. 1. – 248 с.
3. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи та напрямки розвитку / [Л. І. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшко та ін.] – К.: «Наукова думка», 2011. – 102 с.
4. Dangermond, J. GIS in a Changing World [Електронний ресурс] / J. Dangermond // – Essays on Geography and GIS. – 2011. – Vol 3. – P. 55-59. – Режим доступу: <http://www.esri.com/library/bestpractices/essays-on-geography-gis-vol3.pdf>.
5. Goodchild, M. Looking Forward: Five Thoughts on the Future of GIS [Електронний ресурс] / M. Goodchild // – Essays on Geography and GIS. – 2012. – Vol 4. – P. 26-29. – Режим доступу: <http://www.esri.com/~media/dd70ac63271840b8a4ade4a62ef9bf2b.pdf>.
6. \$3.7 Billion Reasons Why GIS Technology is The Future [Електронний ресурс] – 2012. – Режим доступу: [http://www.spacedaily.com/reports/3\\_point\\_7\\_Billion\\_Reasons\\_Why\\_GIS\\_Technology\\_is\\_The\\_Future\\_999.html](http://www.spacedaily.com/reports/3_point_7_Billion_Reasons_Why_GIS_Technology_is_The_Future_999.html).

УДК 621.391

**А. В. Холодкова**

Харьковский национальный экономический университет, Харьков



## ОЦЕНИВАНИЕ ПЛОЩАДИ ЗАТОПЛЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

Промоделировано затопление некоторых городов в среде пакета ArcView во время весеннего наводнения, которые находятся на реке Северский Донец. Были построены буферные зоны реки Северский Донец и буферная зона близлежащих населенных пунктов и измерена предположительная площадь затопления каждого из населенных пунктов, которые непосредственно располагаются вблизи бассейна реки Северский Донец.

**Ключевые слова:** затопление населенных пунктов, буферные зоны

A. V. Holodkova

### EVALUATION OF FLOODING OF SETTLEMENTS NEAR SIVERSKY DONETS RIVER BASIN

Simulated flooding of some cities in the environment of ArcView during spring floods, which are located on the Siversky Donets. Buffer zones have been built for Siversky Donets river and communities surrounding it, approximate flooded area for each community directly located near the basin of the Siversky Donets was measured.

**Keywords:** flooding of settlements, buffer zones

A. В. Холодкова

### ОЦІНЮВАННЯ ПЛОЩІ ЗАТОПЛЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

Промодельовано затоплення деяких міст в середовищі пакету ArcView під час весняної повені, які знаходяться на річці Сіверський Донець. Були побудовані буферні зони річки Сіверський Донець та буферна зона прилеглих населених пунктів і виміряна площа затоплення кожного з населених пунктів, які безпосередньо розташовуються поблизу басейну річки Сіверський Донець.

**Ключові слова:** затоплення населених пунктів, буферні зони

**Вступлення.** Значительные изменения уровней воды на реках в районах расположения населенных пунктов в периоды максимального стока могут вызывать подтопления населенных пунктов, расположенных поблизости. При этом ущерб зависит от площади затопления. Поэтому в работе будет рассматриваться оценка площадей затопления населенных пунктов с использованием геоинформационных технологий и программного продукта ArcGIS [1, 3]. В качестве территории исследования были взяты такие населенные пункты на р. Северский Донец, как: Изюм, Балаклея, Андреевка, Чугуев, Лисичанск.

**Цель исследования.** Целью данного исследования является: 1) создание базы данных для хранения и поиска необходимой информации в случае затопления населенных пунктов; 2) разработка метода определения характеристик затопления на основе картографической информации; 3) представление

результатов разливов и таблиц значений с площадью затопления [1-3].

На карте Европы в среде пакета ArcView были построены буферные зоны радиусом 1 км для крупных рек Европы, в частности для р. Северский Донец (рис. 1).

Затем была создана вторая буферная зона: для населенных пунктов Изюм, Балаклея, Андреевка, Чугуев, Лисичанск. Полученные зоны пересечения двух буферных зон необходимы для выявления территорий населенных пунктов, которые наиболее подвержены риску затопления (рис. 2).

На следующем этапе проведено измерение площади сечения обеих буферных зон, а именно буферной зоны реки с населенными пунктами Изюм, Балаклея, Андреевка, Чугуев, Лисичанск (рис. 3 – 7).

Полученные значения площадей затопления населенных пунктов позволяют проанализировать населенные пункты по степени безопасности их зато-

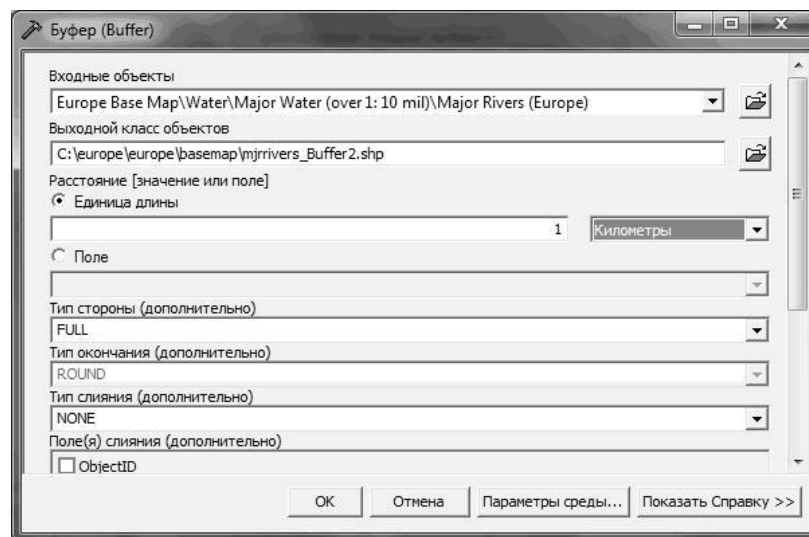


Рис. 1. Создание буферной зоны для р. Северский Донец шириной 1 км

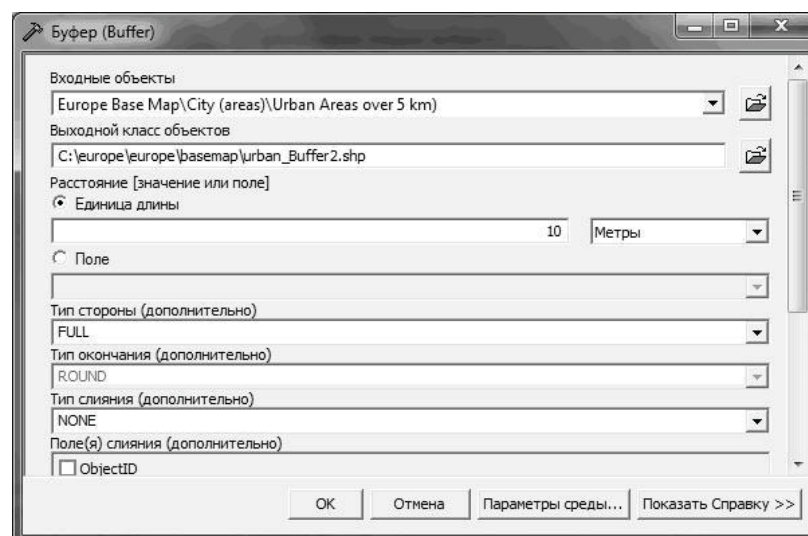


Рис. 2. Создание буферной зоны для населенных пунктов шириной 10 м

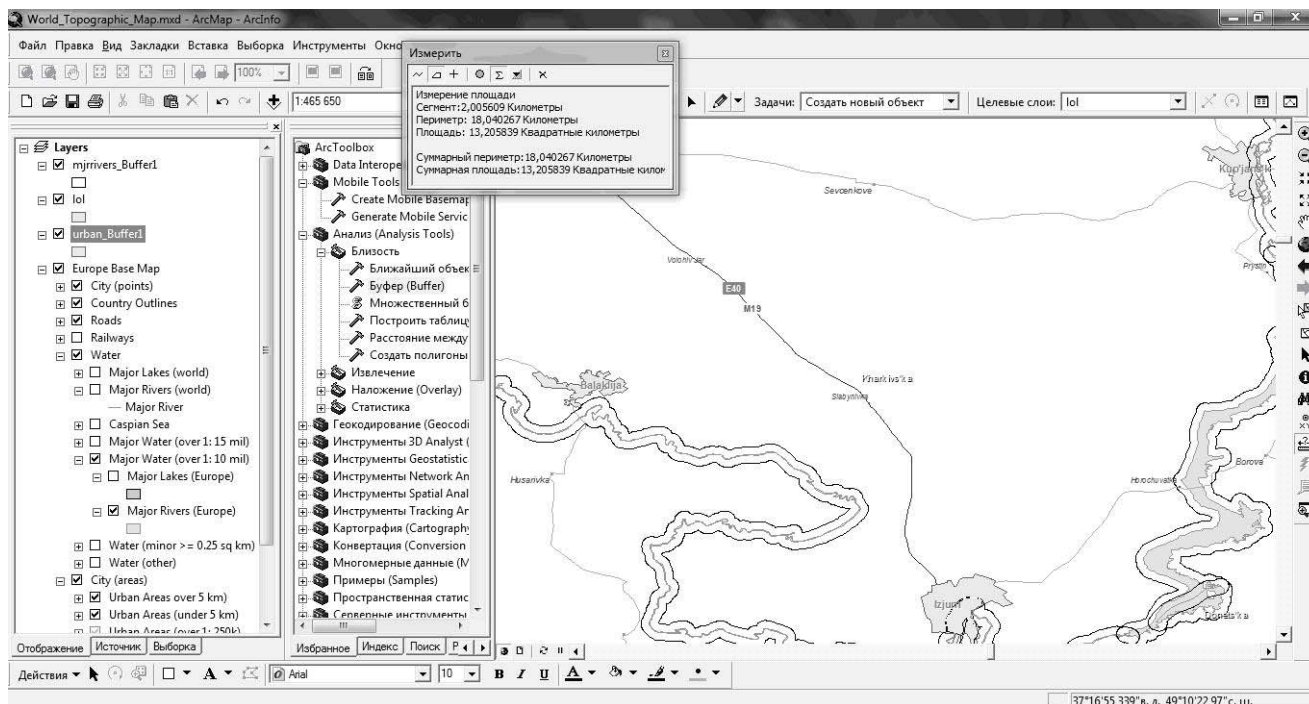


Рис. 3. Измерение площади возможного затопления населенного пункта Изюм (13,2 км<sup>2</sup>)

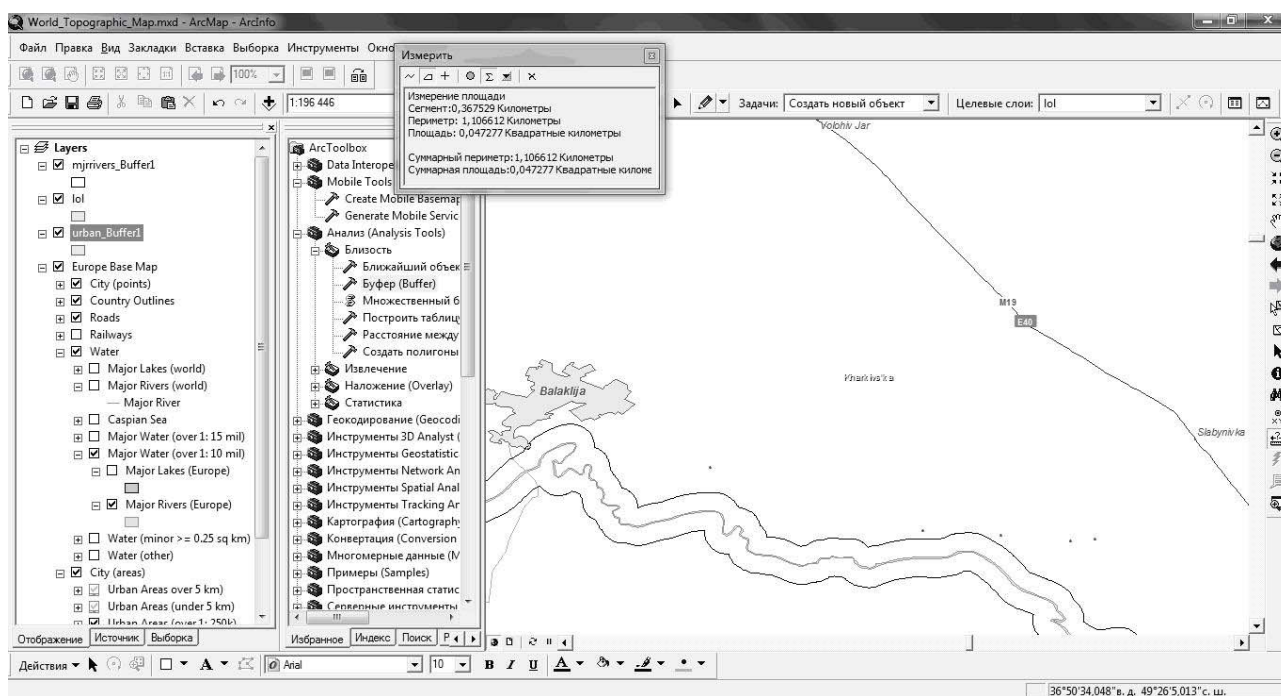


Рис. 4. Измерение площади возможного затопления населенного пункта Балаклея (0,04 км<sup>2</sup>)

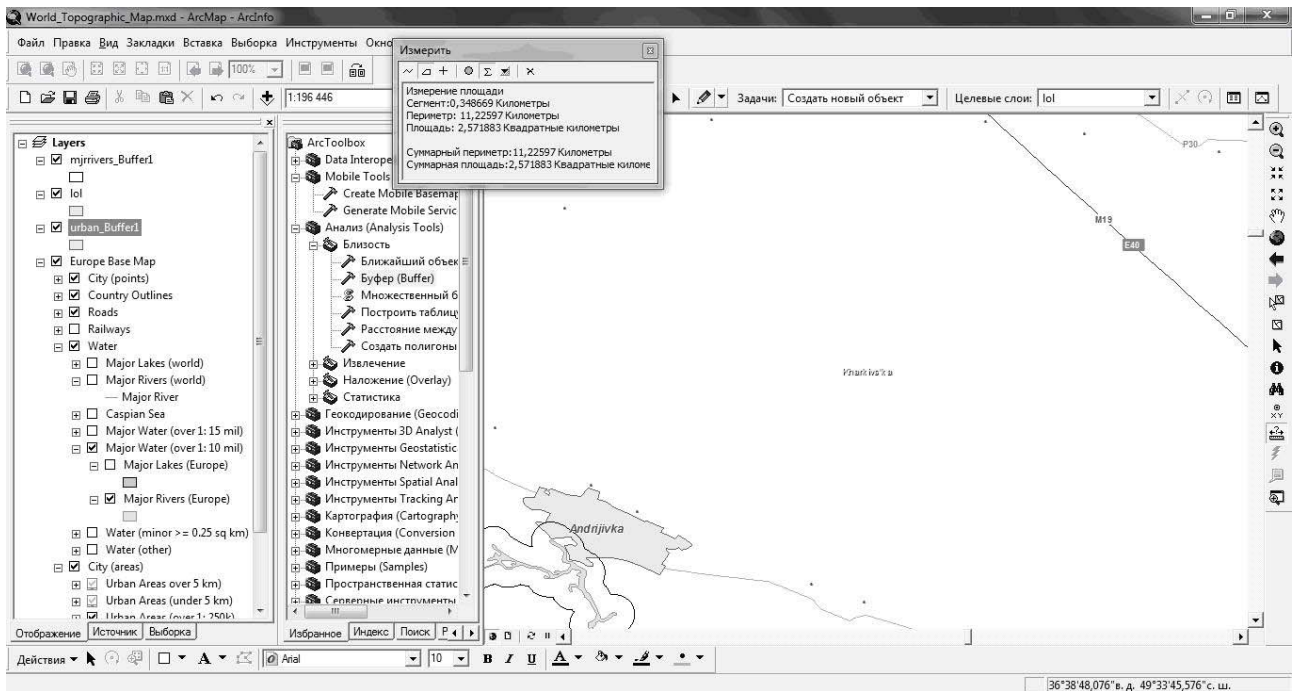


Рис. 5. Измерение площади возможного затопления населенного пункта Андриевка (2,57 км<sup>2</sup>)

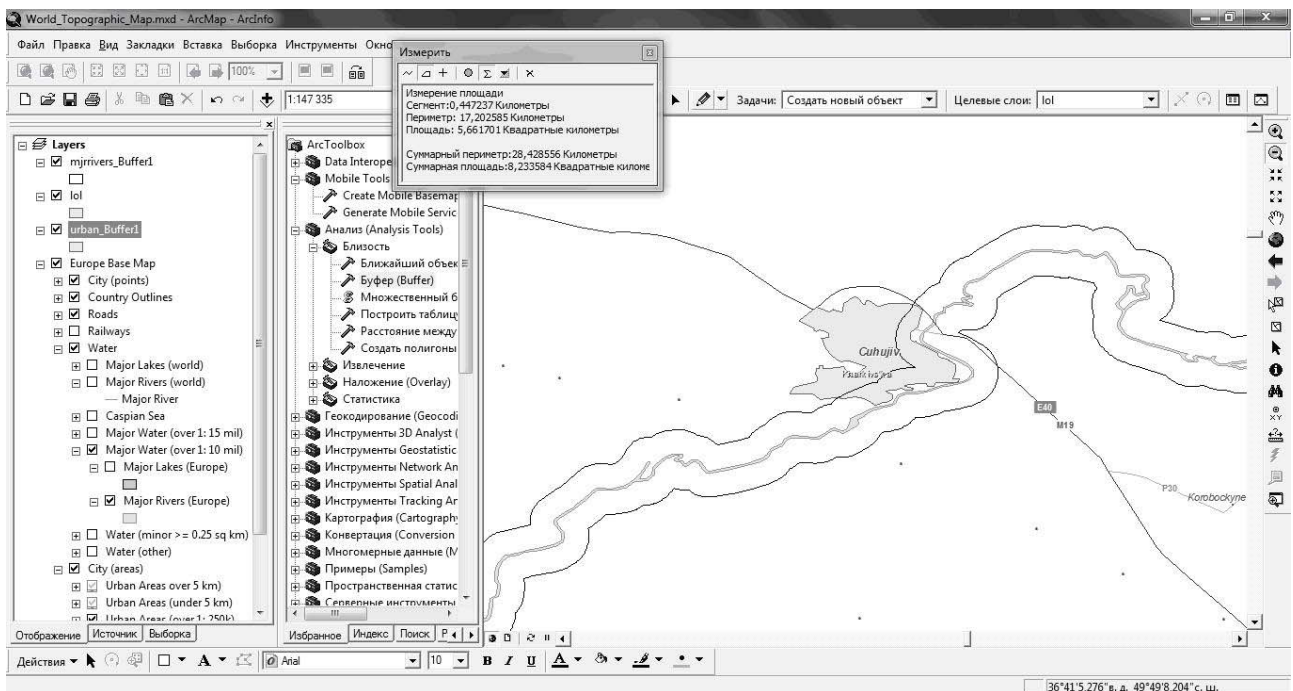


Рис. 6. Измерение площади возможного затопления населенного пункта Чугуев (8,23 км<sup>2</sup>)

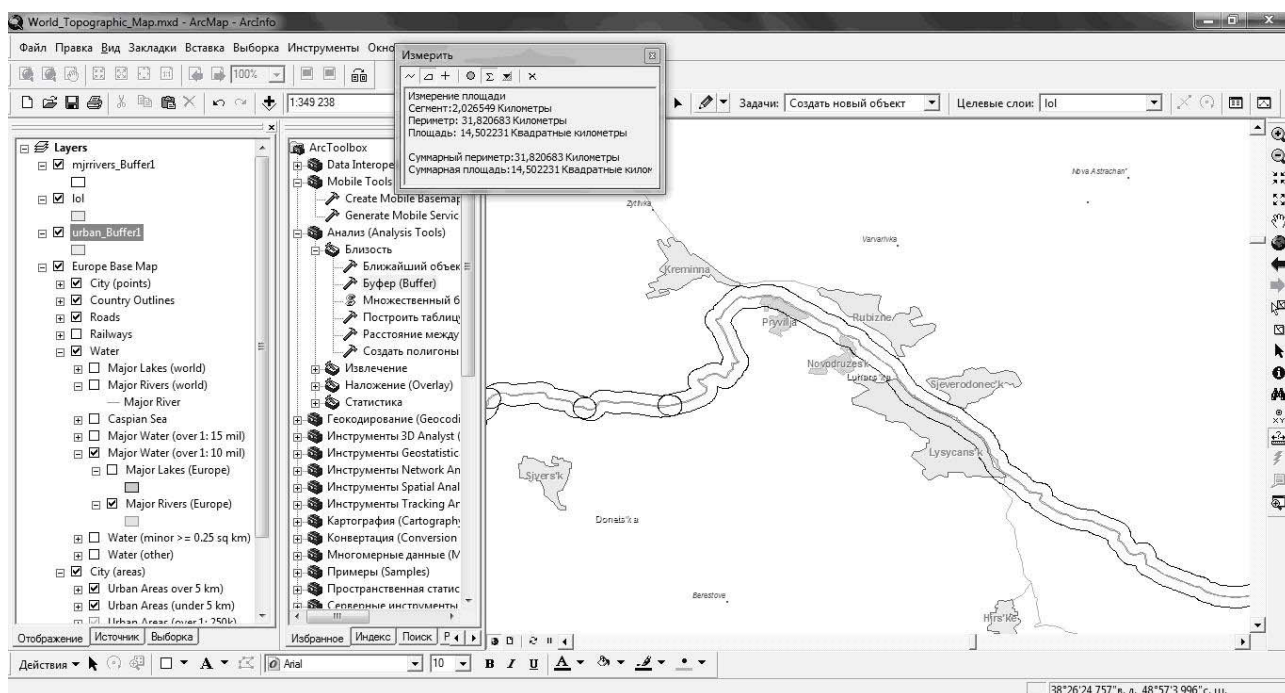


Рис. 7. Измерение площади возможного затопления населенного пункта Лисичанск (14,5 км<sup>2</sup>)

пления. Результаты анализа площадей затопления населенных пунктов Изюм, Балаклея, Андреевка, Чугуев и Лисичанск приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Результаты анализа площадей затопления населенных пунктов Изюм, Балаклея, Андреевка, Чугуев, Лисичанск.

№	Населенный пункт	Возможная площадь затопления, км <sup>2</sup>
1	Изюм	13,2
2	Балаклея	0,04
3	Андреевка	2,57
4	Чугуев	8,23
5	Лисичанск	14,5

**Выводы.** Таким образом, в среде пакета ArcView было промоделировано затопление некоторых населенных пунктов, которые располагаются на реке

Северский Донец, во время весеннего наводнения. Были построены буферная зона реки Северский Донец и буферные зоны близлежащих населенных пунктов; измерена предположительная площадь затопления каждого из населенных пунктов, которые непосредственно располагаются вблизи бассейна реки Северский Донец. Это в свою очередь в дальнейшем позволяет формировать и систематизировать базу данных, реализовать технологию картирования, которая осуществляется с использованием геоинформационных систем, а также алгоритм решения конкретной поставленной задачи, оценку площадей возможных зон затопления и представление результатов расчета в виде табличных данных.

Рецензент – кандидат технических наук, доцент  
В. Н. Федоренко

### Литература:

1. Світличний О. О. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / О. О. Світличний, С. В. Плотницький — Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. — 295 с.
2. Богобоящий В. В. Принципы моделирования та прогнозування в екології / В. В. Богобоящий, К. Р. Чурбанов, П. Б. Палій. — К.: Центр навчальної літератури, 2004. — 216 с.
3. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. — 320 с.



# ЗМІСТ

Балинська М. О., Третьяков О. С. ІДЕНТИФІКАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ ЇХ ЧАСОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ОБРАЗУ.....	3
Волковая О. О. ЗАСТОСУВАННЯ ГІС ПРИ РОЗРОБЦІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ НА РІВНІ АДМІНІСТРАТИВНОГО РАЙОНУ.....	9
Ефременко П. Е., Шевченко М. В., Горб А. И. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ GNSS-СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ГИС-ПРОЕКТОВ.....	12
Костріков С. В., Сегіда К. Ю. ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РОЗПОДІЛЕНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	19
Курач Т. М., Олійник Р. В. ЕКСПЕРТНИЙ АНАЛІЗ ІЄРАРХІЙ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАРТ.....	25
Мальшева Н. В., Золина Т. А., Владимирова Н. А., Райченко Н. Э. СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ КАРТ И ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ.....	31
Пересацько В.А. ПРОЕКТУВАННЯ КАРТОГРАФІЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ЕКОЛОГО-ПРИРОДООХОРОННОЇ ГІС.....	34
Самофалова О. М. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗУЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ САМОЗАРАСТАНИЯ КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ.....	40
Светличный А. А. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ.....	44
Свідзінська Д. В. ВІДКРИТІ ГІС ДЛЯ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОСВІТИ: ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ SAGA.....	48
Сінна О. І. ГІС-АНАЛІЗ АНТРОПОГЕННОЇ ПЕРЕТВОРЕНОСТІ ЛАНДШАФТІВ ЗМІЇВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	52
Соколовська А. В., Томченко О. В. ДОСЛІДЖЕННЯ АНТРОПОГЕННИХ ЗМІН ЕКОСИСТЕМ ЗАСОБАМИ ГІС/ДЗЗ-ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМНИХ МЕТОДІВ.....	57
Ткаченко В. П., Губа М. І., Овраменко В. Д., Зелений О. П. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ МІСЬКИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ.....	60
Ткачук С.М. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ.....	65
Холодкова А. В. ОЦЕНИВАНИЕ ПЛОЩАДИ ЗАТОПЛЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ.....	67

Тези доповідей, збірники матеріалів та збірники наукових праць, які видані за тематикою Міжнародних науково-методичних семінарів, що проводяться щороку на кафедрі фізичної географії та картографії Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна — опорній кафедрі (методичному центрі) з дисциплін картографо-топографічного циклу для університетів, які входять до Євразійської асоціації і здійснюють підготовку бакалаврів, спеціалістів та магістрів географії:

1. Досвід удосконалення навчального процесу з топографії та картографії на географічних факультетах університетів: Тези доп. Міжуніверситет. навч.-метод. семінару, Харків, травень 1993 р. — X.,1993. — 45 с.

2. Сучасний стан та перспективи вивчення географії рідного краю у школах : Тези доп. Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 12-16 вересня 1994 р. — X.,1994. — 141 с.

3. Шкільна топографія та картографія: реалії та перспективи: Тези доп. і повідом. наук.-метод. семінару викладачів ун-тів та засідання секції географічної картографії Навчально-методичної ради з географії Євразійської асоціації університетів, Харків, 12-15 вересня 1995 р. — X.,1995. — 90 с.

4. Безперервна географічна освіта (дошкільна, шкільна, вузівська, післядипломна): нове у змісті і методиці: Матеріали III Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 9-13 вересня 1996 р. — X.,1996. — 121 с.

5. Посилення практичної підготовки студентів-географів з топографії і картографії та координації і результативності досліджень з географічної картографії на картографічних кафедрах державних університетів: Матеріали 3-го Міжнарод. наук.-метод. семінару викладачів топографії та картографії держ. ун-тів, Харків, 7-11 липня 1997 р. — X.,1997. — 80 с.

6. Безперервна географічна освіта: інноваційні методи і технології: Матеріали IV Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 13-17 вересня 1998 р. — X.,1998. — 148 с.

7. Науково-методичне забезпечення навчального процесу з топографії і картографії на факультетах університетів та в школах з поглибленим вивченням географії: Матеріали 4-го Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 14-17 вересня 1999 р. — X.,1999. — 140 с.

8. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К.: Антекс, 2000. — Вип. 1. — 208 с.

9. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Вінниця: Антекс, 2001. — Вип. 2. — 240 с.

10. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії Збірник наукових праць. — Вінниця: Консоль, 2002. — Вип. 3. — 338 с.

11. Модернізація і реформування середньої, вищої і післядипломної географічної та картографічної освіти в країнах СНД: досвід, проблеми, перспективи: Матеріали 12-го Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 8-12 вересня 2003 р. — Вінниця: Антекс-У Лтд.,2003. — 376 с.

12. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії Збірник наукових праць. — Вінниця: Антекс-УЛТД, 2004. — Вип. 4. — 300 с.

13. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2005. — Вип. 5. — 208 с.

14. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2006. — Вип. 6. — 240 с.

15. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2007. — Вип. 7. — 208 с.

16. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2008. — Вип. 8. — 324 с.

17. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2009. — Вип. 9. — 264 с.

18. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2009. — Вип. 10. — 248 с.

19. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. — Вип. 11. — 188 с.

20. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. — Вип. 12. — 216 с.

21. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2011. — Вип. 13. — 118 с.

22. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2011. — Вип. 14. — 128 с.

23. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2012. — Вип. 15. — 120 с.

24. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2012. — Вип. 16. — 138 с.

25. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2013. — Вип. 17. — 74 с.

Наукове видання

**ПРОБЛЕМИ  
БЕЗПЕРЕРВНОЇ ГЕОГРАФІЧНОЇ ОСВІТИ  
І КАРТОГРАФІЇ**

Збірник наукових праць

Випуск 17

Українською, російською та англійською мовами

Комп'ютерне верстання *О. С. Чистякова*  
Макет обкладинки *О. В. Богня*

Формат 60x84/8. Ум. друк. арк. 6,4. Тираж 100 пр.

Видавець і виготовлювач  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, Харків, пл. Свободи, 4.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09

Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна  
Тел. 705-24-32

## О компании

Начиная с 1995 года, Intetics успешно сотрудничает в IT-индустрии с более чем 200 компаниями по всему миру. Используя передовые информационные технологии и регламентированные бизнес-процессы, мы реализуем самые сложные идеи своих клиентов. Мы благодарны нашим клиентам за те задачи, которые они нам поручают — это дает нам возможность развиваться, выполняя работу, которую мы любим.

Мы ежегодно побеждаем в профессиональных конкурсах и получаем награды, в том числе такие престижные, как Deloitte Technology Fast 50, Inc 500, CRN 100 и European IT Excellence Awards. Intetics входит в рейтинги лучших компаний отрасли: Top 100 Global Service Providers и Top 100 Global Outsourcing. Мы сертифицированы по стандарту ISO 9001:2008 и являемся Microsoft Gold Certified Partner.

Отдел Intetics-Geo был создан в апреле 2009 года, команда на тот момент состояла из 6 человек. Теперь наша команда насчитывает более 100 человек. Более 70 % специалистов нашей команды имеют высшее специальное образование в сфере ГИС, картографии, географии, планирования. Наши специалисты владеют опытом разработки и внедрения геоинформационных систем для всех отраслей хозяйства. На сегодняшний день компанией выполнено более 500 проектов по разным странам мира.

Мы активно участвуем в социальной жизни отрасли. Intetics-Geo ежегодно проводит ГИС-День и День открытых дверей, поддерживает проведение ГИС-Форума. Специалисты Intetics-Geo проводят семинары и мастер-классы по изучению современных инструментов и методов для всех интересующихся геоинформационными технологиями.

## Наши услуги

Мы верим в то, что использование геоинформационных систем меняет мир к лучшему, позволяя по-новому взглянуть на привычные данные, повышая точность оценок и прогнозов, обеспечивая более точные управленческие решения.

В реализации ГИС-проектов мы уделяем повышенное внимание геоанализу. Ваши данные — это самое ценное. Они являются основой для создания карт, отчетов и анализа десятилетиями, тогда как информационные системы могут менять архитектуру, версии и поставщиков.

Мы заботимся о правильной работе с геоанализом, для того чтобы получать максимум новой полезной информации при мониторинге, анализе, прогнозе и картографической визуализации.

Наши услуги охватывают весь комплекс разработки ГИС — от консалтинга, проектирования систем и разработки наборов данных до технической поддержки.



## Контактная информация:

ул. Новгородская, 36, Харьков, 61103  
 Тел: +38-057-760-48-77, +38-057-760-48-78  
 E-mail: [geo@intetics.com](mailto:geo@intetics.com)  
[www.intetics.com/geo](http://www.intetics.com/geo)