

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 пропріетарному 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 пропріетарного 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.

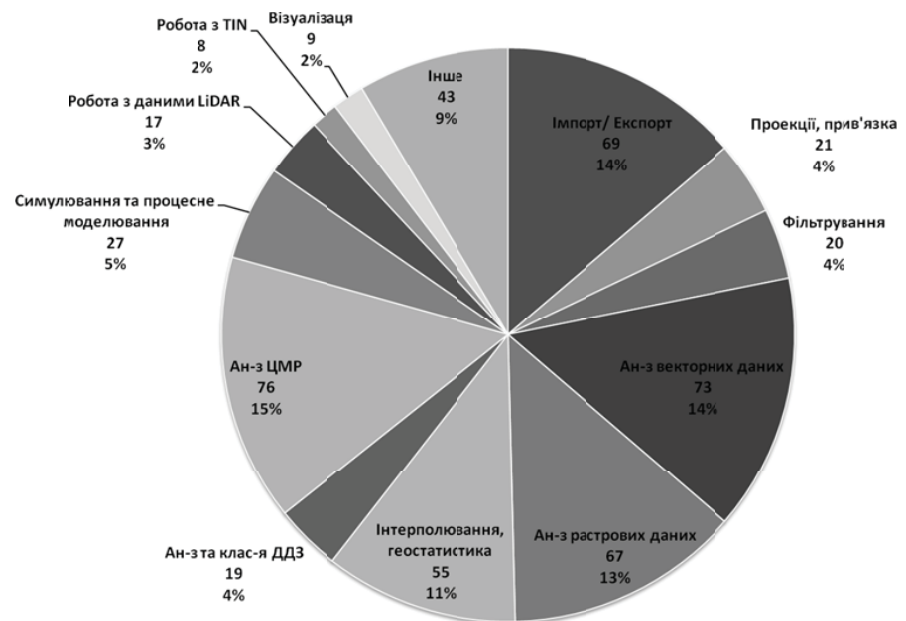


Рис. 1. Технологічний зріз SAGA: розподіл модулів версії 2.1.0 за основними функціональними групами

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 послугували основою розробки методики автоматизованого картографування морфодинамічних мікрогеохор [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-

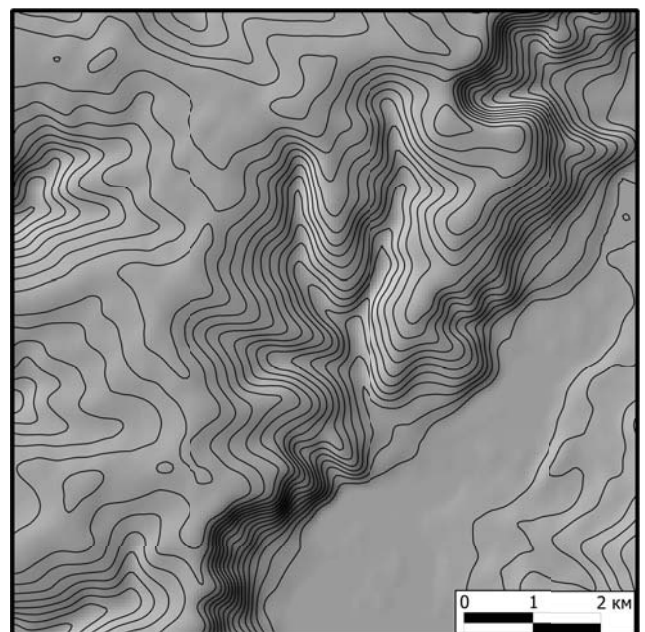
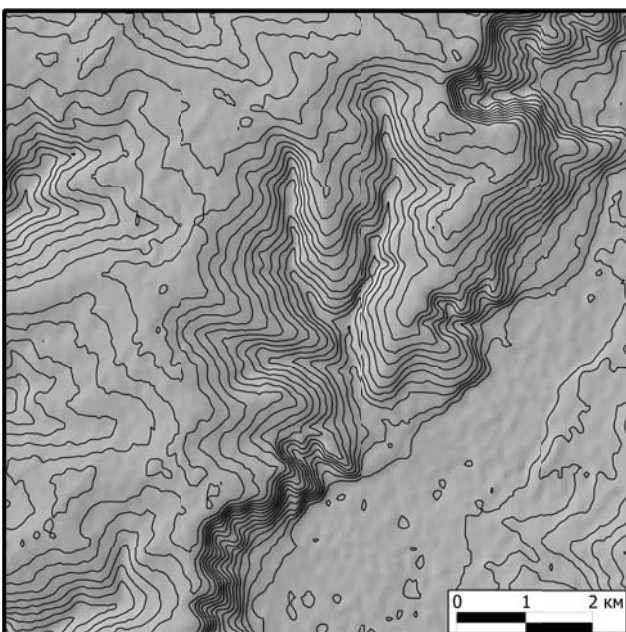


Рис. 2. Фрагмент ЦМВ SRTM до (ліворуч) та після (праворуч) проходження процедур фільтрації та гідрологічної корекції засобами SAGA (висота перетину рельєфу – 5 м)



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 української 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 мікрогеохор 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.