

ВИКОРИСТАННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ПРОТИЕРОЗІЙНИХ ЗАХОДІВ

Н. Г. Русіна, В. О. Люльчик, Р. А. Лагоднюк

ВСП «Рівненський коледж НУБіП України»

вул. Коперника, 44, м. Рівне 33000, Україна. E-mail: RusinaN@i.ua

Сучасна система протиерозійних заходів потребує моделювання рельєфу місцевості. Розглянуто сучасні підходи 3D-моделювання території. Проаналізовано можливість і доцільність використання 3D-моделі рельєфу місцевості, побудованої за допомогою нового програмного продукту Surfer компанії Golden Software, у проектуванні сучасної системи протиерозійних заходів. Представлено логіку роботи з пакетом програми Surfer. Показано цифрову модель рельєфу 3D-модель території з нанесеними горизонталями, виконану за допомогою програми Surfer та контурно-меліоративну організацію території.

Ключові слова: модель, моделювання, сучасний програмний пакет Surfer, 3D-модель території, контурно-меліоративна організація земле-користування.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Н. Г. Русина, В. О. Люльчик, Р. А. Лагоднюк

ОСП «Ровенский колледж НУБіП Украины»

ул. Коперника, 44, г. Ровно, 33000, Украина. E-mail: RusinaN@i.ua

Современная система противозрозийных мероприятий требует моделирования рельефа местности. Рассмотрены современные подходы 3D-моделирования территории. Проанализировано возможность и целесообразность использования 3D-модели рельефа местности, построенной с помощью нового программного продукта Surfer компании Golden Software, в проектировании современной системы противозрозийных мероприятий. Представлена логика работы с пакетом программы Surfer. Показана цифровую модель рельефа 3D-модель территории с нанесенными горизонталями, выполненную с помощью программы Surfer и контурно-меліоративную организацию территории.

Ключевые слова: модель, моделирование, современный программный пакет Surfer, 3D-модель территории, контурно-меліоративная организация землепользования.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Найактуальнішою проблемою для довкілля є ерозія ґрунтів. Найбільш технічно поширеною є водна ерозія, під якою розуміють сукупність процесів руйнування ґрунту, формування наносів – під впливом води і деградації ландшафту. Адже в Україні водній ерозії піддається 29% ріллі, а поверхневе змивання досягає 15 т/га і більше, струминне викликає утворення канав глибиною 15 см і завширшки 55 см.

Для запобігання наслідків ерозії необхідно зробити акцент на застосування сучасних методів аналізу причинно-наслідкових взаємодій, що відбуваються у системі рельєф – ґрунт – вода. Практично єдиний засіб розв'язання вказаних завдань – геоінформаційні системи, до яких входять і певні інструменти моделювання. Актуальною вимогою до моделі є відносна простота та швидкість опрацювання даних, що надзвичайно важливо для практики землевпорядкування [1].

Сьогодні широко використовують ГІС для вивчення ерозійних процесів. Так М. Підлипна стверджує, що програмні засоби ГІС є сукупністю більшою чи меншою мірою інтегрованих програмних модулів, які забезпечують реалізацію всіх основних функцій ГІС. На основі базових модулів реалізуються функції, а саме [2]: 1) введення і верифікації даних; 2) зберігання і маніпулювання даними; 3) перетворення систем координат і трансформації картографічних проєкцій; 4) аналізу і моделювання; 5) виведення і подання даних; 6) взаємодії з користувачем.

Зокрема науковці С. Булакевич та С. Черняга у своїй роботі «Геоінформаційне моделювання природно-ландшафтних елементів сільськогосподарських угідь у проєктах землеустрою» запропонували методику розроблення моделей, які використовуються в проєктах землеустрою, а саме: модель рельєфу, модель крутості схилів, модель експозиції схилів, модель розподілу сонячної енергії за поверхнею території (терморегіж території), модель агровиробничих груп ґрунтів, модель глибин залягання ґрунтових вод, агрохімічна модель території, модель ерозійної небезпечності території, модель забруднення території, інтегрована модель території [3].

О. Мельничук та В. Волошин виділяють найважливіші елементи у складі системи внутрішніх компонентів (умов) території, які впливають на землеустрій певної території а саме: людські, природні, екологічні та геометричні умови (відповідно L , N , E , G); правове поле P та цільове використання C , що діють на певному проміжку часу [4].

Вчені П. Черняга, В. Нікулішин, М. Приймак, Т. Блянюк запропонували методику створення картографічних моделей, а саме: 3D-модель території із нанесенням векторів напрямку руху зсуву, модель зміщення земної поверхні та на основі таких моделей і їх модифікації визначити поверхню ковзання зсуву. Така методика дає можливість створити комплексну картографічну модель оцінки стану зсувного тіла [5].

Науковці Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича стверджують, що сучасна

система протиерозійних заходів потребує процесо-орієнтовних моделей, які враховують ландшафтно-екологічні й антропогенні фактори та умови. Вчені пропонують використовувати окремі модулі геоінформаційної системи ArcGIS для автоматизації створення фрагментів картографічної моделі, які вміщують функції та візуалізації просторової інформації. Основним і найбільш об'ємним етапом роботи з програмою є нагромадження інформації та створення бази геоданих, яка містить три основні типи наборів даних: класи просторових об'єктів (таблиці, що містять точкову, лінійну чи полігональну геометрію для географічних об'єктів), набір растрових даних, таблиці [1].

Саме реалізація підходу моделювання території дає можливість оцінити небезпеку ерозії в просторових умовах на різних типах ґрунтах, рослинного покриву, мінливою кількістю опадів. Тому проектування протиерозійних заходів як складової системи охорони земель від водної ерозії є необхідною умовою формування екологічно збалансованих ландшафтів.

Мета роботи – показати можливість і доцільність використання 3D-моделі рельєфу місцевості, побудованої за допомогою нового програмного продукту Surfer компанії Golden Software, у проектуванні сучасної системи протиерозійних заходів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Термін «модель» походить від латинського слова «modulus», що означає міра. Моделювання базується на існуванні аналогії (подібності) між об'єктами чи явищами, що часто мають різну природу. Модель містить у собі найбільш характерні для задачі риси або параметри досліджуваного об'єкта. Вона абстрагується від неістотного, другорядного [6]. Моделювання відкрило широкі можливості для візуалізації різноманітних ерозійних явищ і процесів. Створення їх аналогів полегшує проведення екологічного-географічного аналізу території та проектування комплексу протиерозійної організації території.

Еколого-географічний аналіз і оцінювання території – це комплексне дослідження екологічного стану інтеграційної системи «суспільство - природа» з метою її оптимізації та базуються на системному картографічному моделюванні, під яким розуміють створення, аналіз і перетворення картографічних творів як моделей реальної дійсності.

Вихідною основою картографічного моделювання при екологічних дослідженнях є вчення про єдність та взаємозв'язок предметів й явищ дійсності та закономірностей їх розвитку. Процес моделювання включає такі поєднані між собою стадії: вивчення параметрів реально існуючої геосистеми та побудова на цій основі її моделі; дослідження моделі та екстраполяція одержаних результатів на його оригінал – геосистему. Основні напрями моделювання геосистем: відтворення структури, взаємозв'язків та динаміки їх розвитку. Моделювання структури геосистем пов'язане з відтворенням територіальних і галузевих аспектів структури [7].

На сьогодні використовуються різні, найпопулярнішими програмними продуктами для тривимірно-

го представлення середовища є ArcScena, 3ds Max, SketchUp, Maya, ArcGIS.

Сучасним програмним пакетом для створення тривимірних моделей земної поверхні є Surfer, яка створена невеликою американською компанією Golden Software, що знаходиться в штаті Колорадо. Основний напрям роботи компанії – розробка пакетів наукової графіки. Першим програмним продуктом Golden Graphics System випущений у 1983 році, який призначався для обробки і виведення зображень наборів даних, описуваних двовимірною функцією типу $z = f(y, x)$. Згодом цей пакет отримав назву «Surfer». Автором Surfer і засновником компанії був аспірант-гідрогеолог одного з американських університетів. Незважаючи на досить гостру конкуренцію, програми фірми Golden Software (в першу чергу Surfer) продовжують залишатися дуже популярними як в США, так і в інших країнах. Посилання на них є майже в кожному науковому виданні або програмному продукті, пов'язаному з чисельним моделюванням і обробкою експериментальних даних [8].

Логіку роботи з пакетом можна представити у вигляді трьох основних функціональних блоків:

- 1) побудова цифрової моделі поверхні (рельєфу);
- 2) допоміжні операції з цифровими моделями поверхні (рельєфу);
- 3) візуалізація поверхні.

Цифрова модель поверхні традиційно представляється у вигляді значень у вузлах прямокутної регулярної сітки, дискретність якої визначається в залежності від конкретної розв'язуваної задачі. Для зберігання таких значень Surfer використовує власні файли типу GRD (двійкового або текстового формату), які вже давно стали стандартом для пакетів математичного моделювання.

Можливо три варіанти отримання значень у вузлах сітки: 1) за вихідними даними, заданим в довільних точках області (у вузлах нерегулярної сітки), з використанням алгоритмів інтерполяції двовимірних функцій; 2) обчислення значень функцій, заданої користувачем в явному вигляді. До складу програми Surfer входить досить широкий набір функцій тригонометричних, Бесселя, експоненціальних, статистичних та деяких інших; 3) перехід від однієї регулярної сітки до іншої, наприклад при зміні дискретності сітки (тут, як правило, використовуються досить прості алгоритми інтерполяції і згладжування, так як вважається, що перехід виконується від однієї гладкої поверхні до іншої) [9].

Крім того, можна використовувати готову цифрову модель поверхні, отриману користувачем, наприклад, у результаті чисельного моделювання.

Пакет Surfer пропонує своїм користувачам кілька алгоритмів інтерполяції: Kriging (Kriging), Зваженої зворотної відстані (Inverse Distance to a Power), Мінімізація кривизни (Minimum Curvature), Радіальні базові функції (Radial Basis Functions), Поліноміальна регресія (Polynomial Regression), Модифікований метод Шепарда (Modified Shepard's Method), Триангуляція (Triangulation) і ін. Розрахунок регулярної сітки може виконуватися для файлів наборів даних X, Y, Z будь-якого розміру, а

сама сітка може мати розміри 10 000 на 10 000 вузлів. При цьому забезпечені широкі можливості по управлінню методами інтерполяції з боку користувача. Зокрема, найбільш популярний в обробці експериментальних даних геостатистичного моделювання – метод Кріге (крикінгу) включає можливість застосування різних моделей варіограм, використання різновиди алгоритму зі знесенням, а також обліку анізотропії. При розрахунку поверхні і її зображення можна також задавати кордон території довільної конфігурації [10].

Surfer реалізує великий набір додаткових можливостей перетворень поверхонь і різних операцій з ними: обчислення об'єму між двома поверхнями; перехід від однієї регулярної сітки до іншої; перетворення поверхні за допомогою математичних операцій з матрицями; розріз поверхні (розрахунок профілю); обчислення площі поверхні; згладжування поверхонь з використанням матричних або сплайн-методів; перетворення форматів файлів; цілий ряд інших функцій. Оцінку якості інтерполяції можна здійснити за допомогою статистичної оцінки відхилень вихідних точкових значень від результуючої поверхні. Крім того, для будь-якої підмножини даних можна зробити статистичні розрахунки або математичні. Перетворювання, в тому числі з використанням функціональних виразів, заданих користувачем [9].

При побудові поверхонь в Surfer забезпечуються принципи: 1) отримання зображення шляхом накладення декількох прозорих і непрозорих графічних шарів; 2) імпорт готових зображень, в тому числі отриманих в інших додатках; 3) використання спеціальних інструментів малювання, а також нанесення текстової інформації і формул для створення нових і редагування старих зображень.

За допомогою різноманітних варіантів накладення карт, їх різного розміщення на одній сторінці можна отримати найрізноманітніші варіанти представлення складних об'єктів і процесів. Зокрема, дуже просто отримати різноманітні варіанти комплексних карт з поєднаним зображенням розподілу відразу декількох параметрів. Всі типи карт користувач може відредагувати за допомогою вбудованих інструментів малювання самого Surfer.

Типографія земної поверхні – це надійна інформація про активність ерозійних процесів у минулому та наявну потенційну небезпеку. Для вивчення проявів водної ерозії необхідно мати найширшу деталізацію рельєфу обстежуваної території. Використання нових технологій дає змогу спостерігати за ерозією ґрунтів у тривимірному просторі. На рис. 1 показано цифрову модель рельєфу 3D-модель території з нанесеними горизонталями, виконану за допомогою програми Surfer.

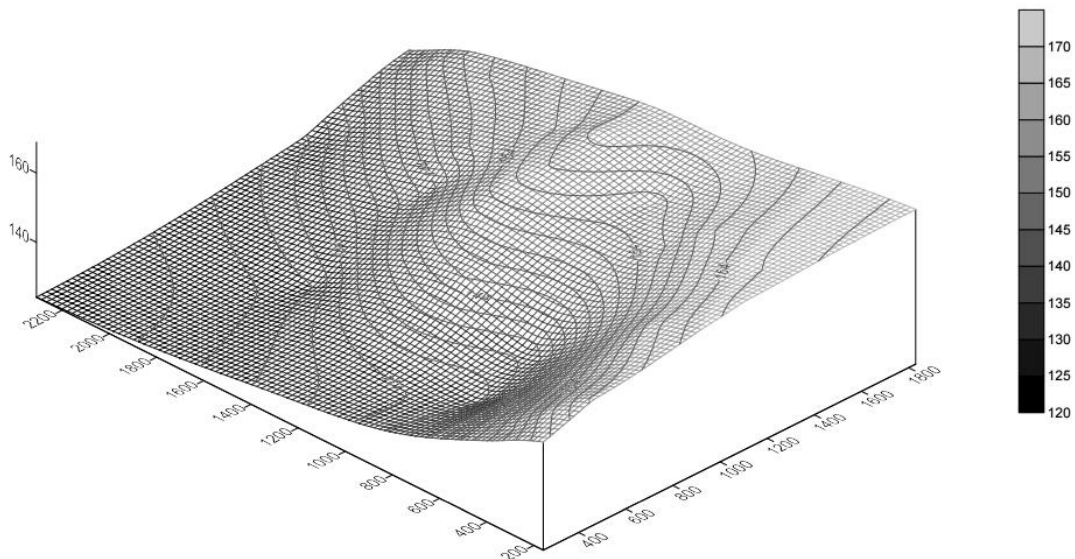


Рисунок 1 – 3D-модель території з нанесеними горизонталями, виконану за допомогою програми Surfer

Цифрова 3D-модель рельєфу дозволяє визначити розміщення основних елементів протиерозійної організації території в системі контурно-меліоративної організації землекористування

Дослідженнями доведено, що найповніше і найефективніше можна запобігти ерозії в системі ґрунтозахисного обробітку з контурно-меліоративною організацією землекористування. Суть цієї системи насамперед полягає в диференційному підході до використання орних земель, які поділяють на три технологічні групи.

Перша група: рівнинні землі, а також схили крутістю до 3°, які технологічно придатні для вирощування просапних культур (у тому числі буряків) уперек схилу. Згідно з рекомендаціями Інституту землеробства УААН, концентрують усі просапні культури та посіви озимої пшениці, вирощуваної за інтенсивною технологією з обов'язковими технологічними коліями вперек схилів або контурно. Розміщення колії навіть на незначних схилах уздовж призведе до різкого посилення розмиву ґрунту, втрат елементів живлення, замулювання водойм. До другої технологічної групи належать оброблювані

землі на схилах крутістю від 3 до 7°, де розміщують інтенсивні зерно-трав'яні сівозміни (1-2 - багаторічні трави; 3 - озима пшениця; 4 - озиме жито; 5 - ячмінь з підсівом багаторічних трав). Третя технологічна група – це землі на схилах крутістю понад 7°, на яких передбачають постійне залуження з коротким польовим періодом. Схили крутістю понад 20° після терасування використовують під плодові та лікарські деревні насадження – горіх, обліпиху, чорноплідну горобину, калину, липу.

Таким чином, контурно-меліоративна організація території передбачає виділення меж контурів технологічних груп земель, за якими проектується водорегулювальні лісосмуги, посилені найпрості-

шими гідротехнічними спорудами (канави в нижньому міжрядді і вал або вал-дорога внизу узлісся – рубежі першого порядку). Зв'язок у системі еколого-технологічних груп земель виконує свою основну функцію безпечного відведення незатриманої у середині полів агротехнічними заходами частини стікаючої води в залужені водотоки, вони є спрямовуючими лініями для контурного виконання окремих технологічних організацій і насамперед основного обробітку та сівби сільськогосподарських культур.

Відповідно до представленого зображення 3D-моделі розроблено контурно-меліоративну організацію території, що показано на рис. 2

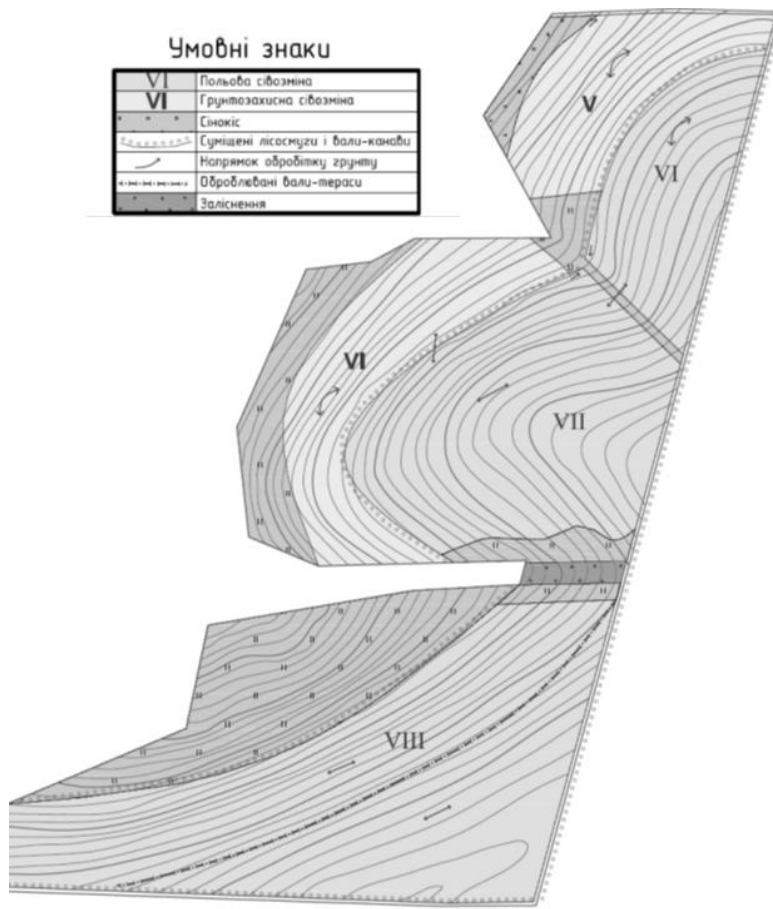


Рисунок 2 – Контурно-меліоративна організація території

На підставі створення, редагування даних, опробування різних інструментів й функцій програмного продукту Surfer був розроблений алгоритм дій, який представлено на рис. 3.

Отже, 3D-моделювання території є зручним ілюстративним і розрахунковим матеріалом для подальшого їх використання з метою оцінки ерозійної небезпеки та розроблення запобіжних заходів.

ВИСНОВКИ. Застосування програмного пакету Surfer є потужним інструментом для створення цифрової моделі рельєфу місцевості. Програма є могутньою системою створення тривимірних карт, моделей, візуалізації ландшафту, генерування сітки і багато чого іншого. Продукт дозволяє створювати реалістичні 3D карти з урахуванням освітленості і

тіней, використовувати ображення місцевості в різних форматах, експортувати створенні карти в різні графічні формати і друкувати в кольорі розміром до 50м по діагоналі. Могутні інтерполяційні функції дозволяють створювати точні поверхні високої якості і дають змогу пропонувати модель Surfer для застосування в повсякденній діяльності фахівців землеустрою. Її переваги – різноманітні методи інтерполяції, засоби оцінки точності і достовірності побудованої поверхні, уточнення отриманих результатів, надають можливість візуалізації поширення ерозії та її наслідків і відповідно спроектувати систему протиерозійних заходів.



Рисунок 3 – Алгоритм проектування системи протиерозійних заходів

Зважаючи на актуальність даної проблеми, перспективними напрямками подальших наукових розвідок вбачаємо, практичне застосування 3D карт при розробці проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитрук Ю.М., Черлінка В.Р. Використання моделей водної ерозії при розв'язанні прикладних завдань землеустрою: геоінформаційний підхід // Землеустрій і кадастр. – 2012. – №2. – С. 12–18.

2. Підлипна М.П. Використання ГІС технологій для здійснення зонування земель // Молодий вчений. – 2015. – № 2 (17). – С. 8–10.

3. Булакевич С., Черняга С. Геоінформаційне моделювання природно-ландшафтних елементів сільськогосподарських угідь у проектах землеустрою // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – Вип. I (23). – С. 201–204.

4. Мельничук О., Волошин В. Моделювання ефективного використання території для землеустрою // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2009. – Вип. I (17). – С. 289–295.

5. Експериментально-картографічне моделювання динаміки зсувонебезпечних територій за даними геодезичних спостережень / П.Г Черняга., В.І. Нікулішин, М.А. Приймак, Т.В. Блянюк // Геодезія, картографія і аерофотознімання: міжвідомчий науково-технічний збірник: Вид-во Львівської політехніки. – 2014. – Вип. 80. – С. 69–78.

6. Економіко-математичне моделювання в АПК / З.С. Кадюк, В.Т. Черняк, Я.І. Сибаль, І.С. Іваницький – Львів: Вид-во Львівського національного аграрного університету, 2007. – 144 с.

7. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії. Вінниця: ВДГУ, 2002 – 179 с.

8. Иванова И.А., Чеканцев В.А. Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» / сост. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2008. – 92 с.

9. Програмні засоби для роботи з просторовими даними [Електронний документ]. – Режим доступу: <https://buksis.nethouse.ua/static/doc/0000/0000/0031/31531.kdmks50i30.pdf>.

10. Паламар А. Використання програмного комплексу Surfer у кадастровій оцінці земель, розташованих у зоні впливу гірничо-металургійних підприємств // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – Вип. II (28). – С. 58–59.

USING 3D TERRAIN RELIEF MODELS IN THE DESIGN OF MODERN EROSION CONTROL MEASURES SYSTEM

N. Rusina, V. Liulchuk, R. Lahodniuk

SSS «Rivne college NULaES of Ukraine»

vul. Kopernyka, 44, Rivne, 33000, Ukraine. E- mail: RusinaN@i.ua

Purpose. To show the possibility and feasibility of using a 3D terrain relief model, designed with the help of a new Surfer of Golden Software product, in designing the modern system of erosion control measures. **Methodology.** We have used theoretical methods of research, namely the analysis of professional and special methodological literature on an investigated problem. A systematic approach and logical methods allowed to offer the possibility of using the software product Surfer to build a 3D model of the terrain. This approach of estimating the location provided the opportunity to create a complex anti-erosion measures for the studied territory. **Results.** Mapping model of an erosion dangerous areas has been received. Contour-ameliorative area organization of the territory has been proposed. **Originality.** For the first time, the technique of using of the software Surfer has been proposed for designing erosion control measures on erosion dangerous areas. **Practical value.** Using the 3D model of the terrain can be performed in combination with geomorphologic, soil, land use and other research, adequate assessment of the erosion dangerous areas with the future organization of the territory. References 10, pictures 3.

Key words: model, modeling, modern software package Surfer, a 3D model of the terrain, contour-ameliorative organization of land using.

REFERENCES

1. Dmytruk, Yu.M., Cherlinka, V.R. (2012), "Using models of water erosion in solving applied problems of land: geoinformation approach", *Zemleustrii i kadastr*, no. 2, pp. 12-18.
2. Pidlypna, M.P. (2015), "Using GIS technology to implement land zoning", *Molodyi vchenyi*, vol. 2, no. 17, pp. 8-10.
3. Bulakevych, S., Cherniaha, S. (2012), "Geoinformation modeling natural landscape elements agricultural land in land management projects", *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, vol. 1 no. 23, pp. 201-204.
4. Melnychuk, O., Voloshyn, V. (2009), "Modeling effective use of land areas for", *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, vol.1, no.17, pp. 289-295.
5. Cherniaha, P. H., Nikulishyn, V. I., Pryimak, M. A., Bleianiuk, T. V. (2014), "Experimental cartographic modeling of dynamics of landslides areas according to geodetic observations", *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznmannia*, vol. 80, pp. 69–78.
6. Kadiuk, Z. S., Cherniak, V. T., Sybal, Ya. I., Ivanytskyi, I. Y. (2007), *Ekonomiko-matematychni modeliuvannia v APK* [Economic modeling in agriculture], Lviv National Agricultural University, Lviv, Ukraine.
7. Ratushniak, H.S. (2002), *Topohrafiia z osnovamy kartohrafiï* [Topography with Fundamentals of Cartography], Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine.
8. Ivanova, I.A., Chekantsev, V.A (2008), *Reshenye heolohycheskykh zadach s prymenenyem prohrammnoho paketa Surfer* [Solving geological problems using the Surfer software package], Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia.
9. "Software tools for working with spatial data", available at file: <https://buksis.nethouse.ua/static/doc/0000/0000/0031/31531.kdmks50i30.pdf> (accessed April 10, 2017).
10. Palamar, A. (2014), "Using software system in Surfer cadastral evaluation of land located in the zone of influence of mining and metallurgical enterprises", *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, vol. 2, no. 28, pp. 58-59.

Стаття надійшла 01.04.2017.