



На сьогодні розвиток науки і техніки, передусім математики, механіки та інформатики, дозволяє розраховувати геометричні характеристики моделей без побудови матеріальних копій. Деталі механізмів з потрібними механічними властивостями проєктуються і перевіряються в цифровому вигляді, а не за допомогою креслярської дошки. Виготовлення матеріальних копій для їх випробування без розрахунків (так званий емпіричний підхід) визнано недоцільним ще на початку ХХ століття. Звичайно, в розрахунках трапляються помилки, але їм знаходиться пояснення, яке уточнює теорію і враховується в подальшій роботі. Вказується матеріал, навантаження, а система розраховує міцність і можливість використання виробу. Саме науковий, а не експериментальний підхід є основним у промисловому виробництві. То чому ж вітчизняні географи нечасто користуються аналітичним методом, не кажучи вже про просторові моделі? Можливо, вже час і географам від опису явищ переходити до їх геоінформаційного моделювання?

Перспективи дослідження. Зараз виконуються окремі роботи, пов'язані з оцінюванням затоплених територій, стабільності берегів тощо. Але цілісної концепції математичної географії немає. На нашу думку, вироблення такої концепції дозволить оцінювати доцільність і реальний економічний ефект від того чи іншого рішення. Наприклад, розрахувати, наскільки зведення дамби запобігатиме паводкам або хоча б теоретично підтвердити можливість підтоплення будинку, розібраного мешканцями з метою отримання компенсації.

Література

1. Барановський, В.Д. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земель-

ного кадастру. Визначення площ територій [Текст] / В.Д. Барановський, Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко; за заг. ред. Ю. О. Карпінського. – К.: НДІГК, 2009. – 92 с.: іл. – (Сер. "Геодезія, картографія, кадастр").

2. Берлянт, А.М. Картографический метод исследования [Текст] / А.М. Берлянт. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 257 с.

3. Осинцева, Н.В. Физико-географические факторы развития овражной эрозии городских земель: на примере г. Томска [Текст]: дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.23 / Осинцева Наталья Викторовна. – Томск, 2001. – 176 с.

Інтернет-джерела

4. В Китае упал 13-этажный дом [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://vlasti.net/news/51142>

5. Комплекс 3D-анализа [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sicenter.by/kompleks-3d-analiza.html>

6. Малашевский, Н.А. Полигон для эпидемиологических исследований. Ч. 3. Точное измерение площади полигона [Электр. ресурс] / Н.А. Малашевский // Энвайронментальная эпидемиология. – 2011. – № 3. – С. 420-430. – Режим доступа: <http://www.hiv-aids-epidemic.com.ua/2011-03-06.pdf>

7. Пиотух, Н.В. Картографический метод в исторических исследованиях: прошлое и настоящее [Электр. ресурс] / Н.В. Пиотух // История. Карта. Компьютер: сб. науч. ст. – Барнаул: Изд-во Алтайск. ун-та, 1998. – 72 с. – Режим доступа: <http://new.hist.asu.ru/biblio/ikk/piotuh.shtml>

8. Сидорчук, А.Ю. Динамическая модель развития продольного профиля оврага [Электр. ресурс]. – Режим доступа: http://fluvial-systems.net/present_rus/1995_vologda.pdf

9. Geostab – расчет устойчивости откосов и котлованов [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geosoft.ru/geostab/>

Надійшла 20. 09. 12

* * *

УДК 623.71

О. Г. Міхно, В. І. Хірх-Ялан

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ТАКТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІСЦЕВОСТІ

Рассматривается вопрос геоинформационного анализа тактических свойств местности с помощью цифровой топографической карты производства топографической службы Вооруженных сил Украины с целью выработки рекомендаций для поддержки принятия решений по рациональному размещению подразделений сухопутных войск в районах ответственности.

It is considered the issue of geoinformation analysis of tactical features of locality on the basis of a digital topographic map created by Topographic Service of the Armed Forces of Ukraine for the purpose of development of recommendations to support decision making on rational deployment of land forces units in the areas of responsibility.

Постановка проблеми. Тактичними властивостями прийнято називати особливості місцевості, які впливають на дії військ. Перед початком дій

військовим підрозділом командир повинен оцінити місцевість, тобто визначити її основні особливості: умови для спостереження, орієнтування і ведення вогню; умови захисту своїх військ від застосування зброї противником; умови проходності

© О. Г. Міхно, В. І. Хірх-Ялан, 2012



бойової техніки та іншого транспорту; умови маскування та інженерного облаштування місцевості.

Належні умови для спостереження забезпечать отримання повних даних про супротивника. Це визначається високим ступенем оглядовості навколишньої місцевості, дальністю огляду, що залежить від характеру рельєфу, рослинного покриву, наявності населених пунктів та інших об'єктів, які сприяють чи перешкоджають огляду місцевості.

Добрі умови для орієнтування сприяють швидкому визначенню свого місця розташування і потрібного напрямку руху, а також розташування своїх військ і військ противника. Вони залежать від наявності на місцевості характерних елементів рельєфу і місцевих предметів, що чітко виділяються серед інших об'єктів своїм зовнішнім виглядом чи положенням, зручним для використання як орієнтири.

Гарні умови ведення вогню забезпечують зручне і приховане від спостереження противником розташування вогневих засобів ведення точного вогню зі стрілецької зброї, танків, протитанкових засобів, мінометів, а також можливість корегування стрільби. Визначаючи умови ведення вогню, встановлюють ділянки місцевості, які не прострілюються з розташування противника, а також з розташування своїх підрозділів. Площа таких ділянок залежить від характеру рельєфу, висоти рослинного покриву, наявності й висотних характеристик забудови населених пунктів та інших місцевих предметів.

Захисні властивості місцевості послаблюють дію вражаючих факторів зброї противника. Вони залежать насамперед від характеру рельєфу, рослинного покриву, наявності на місцевості різних природних і штучних укриттів, здатних цілком або частково гарантувати захист підрозділів військ. Рельєф може підсилити чи послабити вплив ударної хвилі, світлового випромінювання і проникаючої радіації від ядерного вибуху. Лісові масиви послаблюють ударну хвилю в два і більше разів, зменшують вплив світлового випромінювання в 6-8 разів, а також знижують масштаби поширення радіації в 2-3 рази у порівнянні з відкритою місцевістю.

Ступінь прохідності місцевості сприяє чи утруднює пересування військ. Прокідність враховується при виборі напрямку удару основних сил підрозділу, при визначенні ширини фронту наступу й можливості застосування різних видів військової техніки, а також при організації маневру, виборі шляхів підвезення боеприпасів і матеріальних засобів.

Основним фактором, що визначає прохідність місцевості, є дорожня мережа. Чим краще вона розвинена і вище її клас, тим місцевість доступніша для дій усіх родів військ. Автомобільні дороги з твердим покриттям забезпечують рух транспорту в будь-яку погоду. Прокідність ґрунтових доріг визначається характером ґрунтів і рельєфу місцевості, порою року і станом погоди. Роль цього фактора підвищується в лісисто-болотистій і гірській місцевостях, де пересування підрозділів поза шляхами є вкрай важким. Шляхи з твердим покриттям вказують важливі напрями зосередження основ-

них зусиль підрозділів як у наступі, так і в обороні. Прокідність місцевості поза дорогами визначається її пересіченістю. Яри, круті схили й обриви, річки й заболочені ділянки, великі лісові масиви істотно знижують прохідність по ній бойової техніки і засобів транспорту.

Маскувальні властивості місцевості дозволяють приховати від противника розташування і пересування особового складу та бойової техніки. Вони визначаються наявністю природних укриттів, утворених формами рельєфу, рослинним покривом, іншими місцевими предметами. Пересічена місцевість з лісовими масивами і численними населеними пунктами має добрі маскувальні властивості. Так, лощини, балки, яри створюють сприятливі умови для укриття підрозділів. Найкращими природними укриттями для військ є ліси. Їх маскувальна здатність визначається в основному висотою дерев, зімкненням крон, наявністю підліска та станом дерев.

У залежності від виду операції, яку проводять війська, тактичні властивості місцевості в деяких випадках мають різний вплив на результат бою. Так, для оборонного бою важливіший низький, а для наступального – високий рівень прохідності місцевості. Кращі умови маскування, як правило, ускладнюють умови спостереження, погіршують орієнтування і ведення вогню тощо. Тому для кожного виду бою (військової операції) потрібно формувати свою ієрархію тактичних властивостей, керуючись ступенем їх впливу на бойові дії, і завжди їх аналізувати.

Донедавна аналіз стану місцевості при плануванні та організації бойових дій підрозділами сухопутних військ проводився, здебільшого, спираючись на досвід та інтуїцію командира, і практично не використовувалися можливості геоінформаційних систем. Не практикувалось точного вивчення характеристик, що визначають тактичні властивості місцевості (районів з критичною крутизою схилів, зон видимості з усіх командних висот району відповідальності, щільності дорожньої мережі різних класів тощо). Це пояснюється тим, що їх визначення за паперовою топографічною картою потребувало багато часу, якого в командира, як правило, немає. Як результат – приблизне визначення меж ділянок з відповідними властивостями місцевості й похибка, яка може призвести до невиконання поставленого бойового завдання.

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє суттєво підвищити точність аналізу тактичних властивостей місцевості завдяки швидкому обробленню великої кількості геопросторових даних високопродуктивними обчислювальними засобами. Далі буде розглянуто можливість проведення аналізу таких властивостей геоінформаційними засобами на прикладі цифрових топографічних карт, які використовуються у Збройних силах України.

Аналіз попередніх досліджень. Як основну для визначення тактичних властивостей місцевості, на думку авторів, варто взяти фундаментальну працю [2], в якій детально описується вплив на цей процес



фізико-географічних чинників. Частково на порядок визначення таких властивостей місцевості за топографічною картою вказується в джерелах [1,5,8]. Детальним вивченням цього питання займалися також фахівці Національної академії оборони України [7]. Але всі згадані вище праці мають суголосно теоретичний характер, їх автори не наводять практичних результатів досліджень. Крім того, вони зорієнтовані на стандарт паперової топографічної карти виробництва Генерального штабу Збройних сил СРСР і не враховують можливостей сучасних геоінформаційних систем щодо проведення ГІС-аналізу. Таким чином, нагальною є потреба в детальному аналізі тактичних властивостей місцевості геоінформаційними засобами, на що і спрямоване наше дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз тактичних властивостей місцевості доцільно проводити в середовищі геоінформаційної системи, використовуючи для цього базу даних цифрової топографічної карти району відповідальності. Такою у Збройних силах України є цифрова топографічна карта формату F20S, змістове навантаження якої складається з восьми основних сегментів: 1 – планово-висотна основа; 2 – рельєф суходолу; 3 – гідрографія та гідротехнічні споруди; 4 – населені пункти; 5 – промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти; 6 – дороги та дорожні споруди; 7 – рослинний покрив і ґрунти; 8 – кордони, межі та окремі природні явища.

Якщо розглянути ступінь впливу елементів основних сегментів цифрової топографічної карти на тактичні властивості місцевості, то можна стверджувати, що найвпливовішими є *елементи рельєфу* (1 і 2-й сегменти). Деяко менший вплив *рослинності* і *ґрунтів* (7-й сегмент). Ще менший вплив населених пунктів (4-й сегмент), дорожньої мережі (6) та гідрографічних об'єктів (3-й сегмент). Промислові, сільськогосподарські, соціально-культурні об'єкти і кордони, межі та окремі природні явища (сегменти 5 і 8) впливають на тактичні властивості місцевості у виняткових випадках, тому в цій статті їх не розглядатимемо.

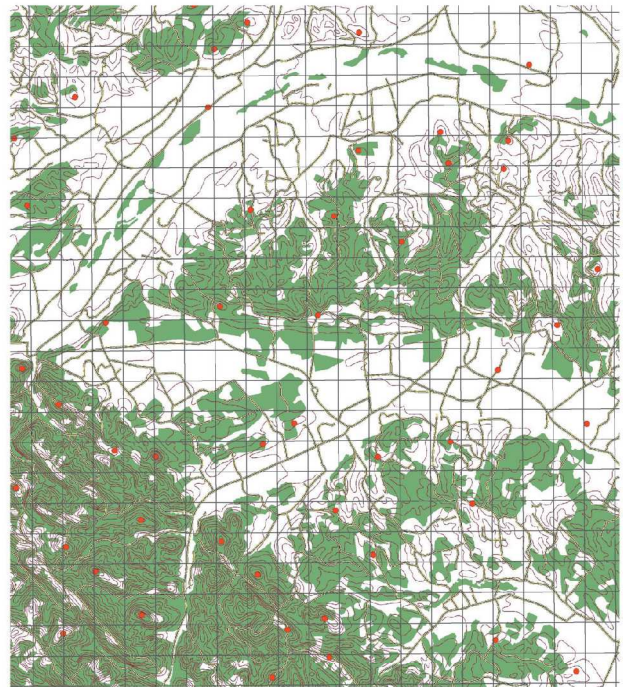
На першому етапі оброблення масивів геопросторової інформації необхідно визначати межі району, що аналізується, для чого з інформаційного сховища беруть цифрову карту місцевості базового масштабу 1: 200 000 з розбиттям за змістом на вісім основних сегментів. Для виділення місцевості, яка охоплює район, обраний для аналізу, створюється "маска району": на електронній карті визначаються межі зони можливого розташування підрозділу. Шляхом узгодження меж "маски" та створеної електронної карти місцевості формується електронна карта на район, що підлягає аналізу.

Для аналізу тактичних властивостей місцевості будемо використовувати лише вбудовані функції ГІС-аналізу, які реалізовані у більшості геоінформаційних програмних оболонок. Це – визначення зон видимості з командних висот і крутизни схилів. При бажанні можна застосовувати складніші

алгоритми аналізу, наприклад, визначення зон непрохідності місцевості для автомобільної техніки в залежності від вологості й типу ґрунтів [6]. Інші підходи вимагають додаткових даних, яких не містить цифрова карта виробництва топографічної служби Збройних сил України. Крім визначення зон видимості й крутизни схилів, будемо обчислювати також щільність дорожньої мережі та ступінь покриття району лісовими насадженнями.

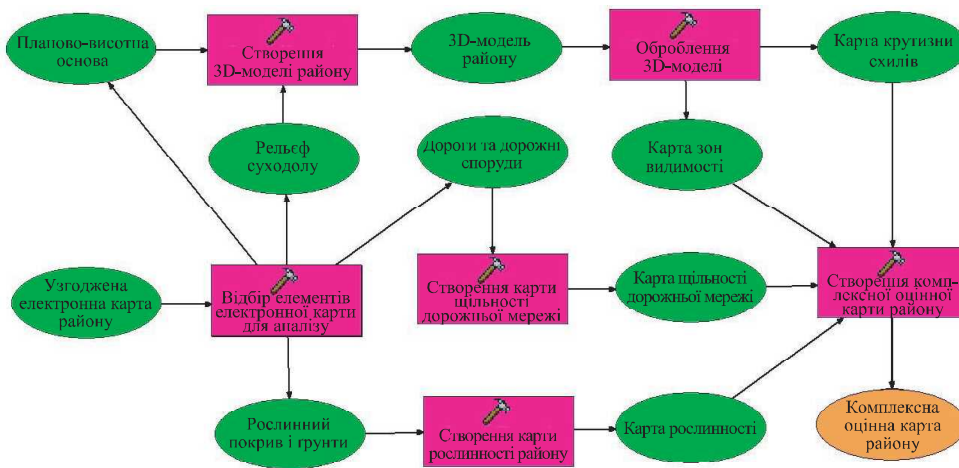
Оскільки площа ділянки місцевості для розміщення окремого підрозділу суттєво менше загальної площі району, що аналізується, то для отримання достовірної та коректної інформації при проведенні аналізу місцевості необхідно визначити межі зони відповідальності цього підрозділу. Організація розміщення окремого підрозділу на місцевості передбачає закріплення за ним певної площі, розміром близько 9 км². Для реалізації завдання нами було створено просторово закріплену сітку, яка поділяє район аналізу на елементарні комірки, кожна розміром 3х3 км, що співвідноситься з площею зони відповідальності підрозділу.

Узгодження електронної карти на район та просторово закріпленої сітки і створення проміжних геопросторових моделей дозволило нам отримати вихідну узгоджену електронну карту району з шаром сітки та "маскою" на район (мал. 1). На карті візуалізовані тільки ті шари, що зазнають подальшого оброблення: командні висоти району (червоні точки), об'єкти рельєфу у вигляді горизонталей, шляхова мережа, рослинний покрив. Для подальшого оброблення обрали порядок дій, наведений на мал. 2.



Мал. 1. Узгоджена електронна карта району аналізу

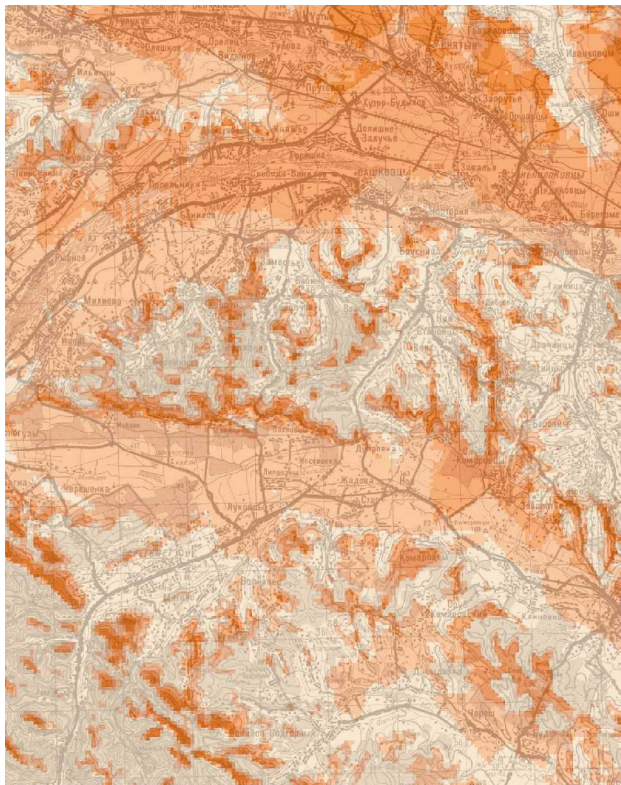
Для аналізу місцевості обрано тривимірну геопросторову модель, яку створено шляхом комплексного оброблення та візуалізації елементів планово-



Мал. 2. Структурна схема аналізу тактичних властивостей місцевості в ArcGIS (побудовано за допомогою модуля ModelBuilder)

висотної основи і рельєфу. Використано модуль просторового аналізу Spatial Analyst. Вважаємо, що оптимальним методом створення тривимірної моделі місцевості є метод сплайн-інтерполяції об'єктів рельєфу та відміток висот за висотною характеристикою [4].

Результат впливу рельєфу на тактичні властивості місцевості (виділення зон видимості з командних висот і встановлення крутизни схилів) наведено на мал. 3. Модель рельєфу підготовлено в растровому форматі GRID. Її отримано шляхом поелементного додавання растру видимості з командних висот до растру крутизни схилів з відпо-



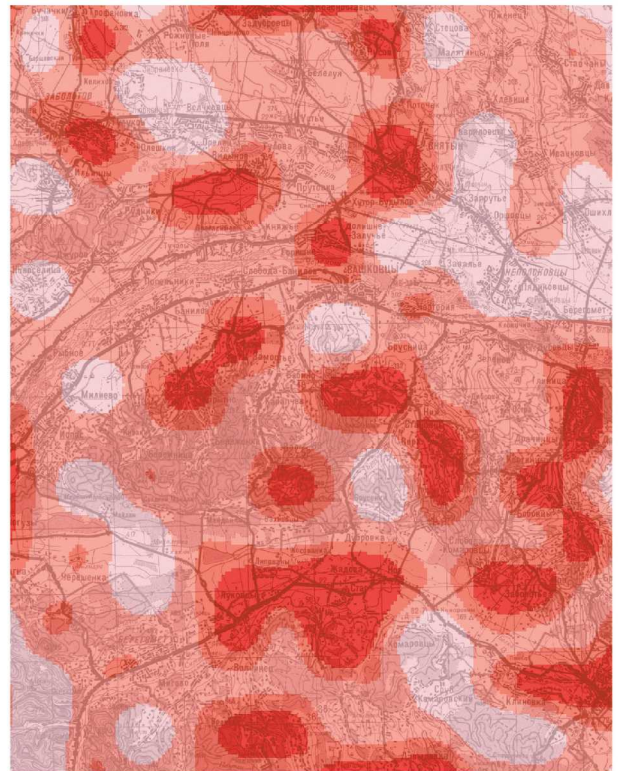
Мал. 3. Растрова модель, що передає вплив рельєфу на тактичні властивості місцевості

відними ваговими коефіцієнтами, що визначають вплив критеріїв видимості й крутизни схилів на тактичні властивості спостереження, маскування і прохідності. На малюнку світлішим кольором відображується накладення зон видимості з кількох висот і крутіші схили. Формат даних GRID узгоджували з форматом інших тематичних шарів, що можна використовувати для проведення порівняльного аналізу.

Крім моделі рельєфу, для аналізу було підготовлено ще дві растрові геопросторові моделі з відповідним тематичним навантаженням: шари дорожньої мережі та рослинного покриву.
Модель дорожньої мережі включала окремі кількісні та якісні характеристики базового тематичного шару. Здійснено відбір таких елементів:

- дорожня мережа з твердим покриттям без додаткових характеристик;
- те саме з даними про ширину покриття або кількість смуг руху.

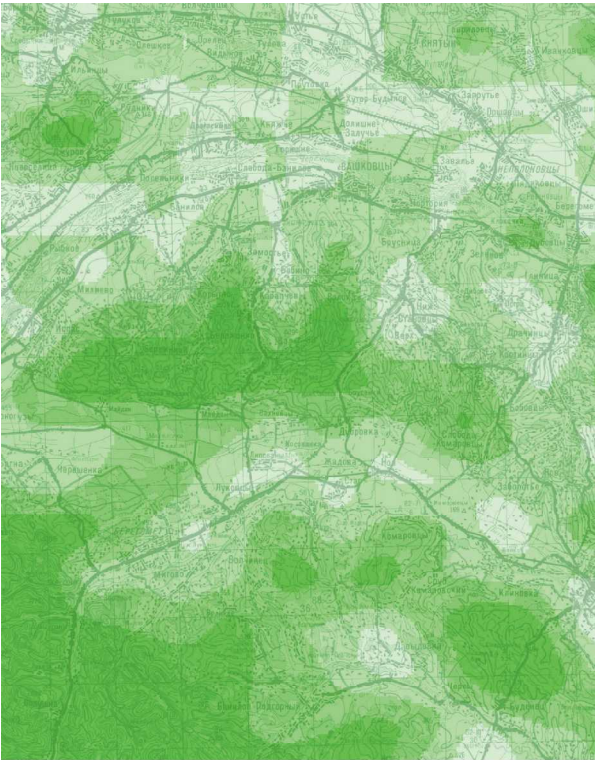
З урахуванням характеристик елементів дорожньої мережі й було створено її растрову модель (мал. 4). На малюнку темнішим кольором виділено ділянки місцевості з вищою прохідністю по дорогах.



Мал. 4. Растрова модель щільності дорожньої мережі



До моделі рослинного покриття увійшли елементи відповідного тематичного шару. Як і в попередньому випадку, провели відбір найбільш значущих об'єктів – лісових насаджень з їхніми характеристиками: висота й діаметр стволів, відстань між деревами. Аналізуючи, враховували прохідність рослинного покриття для техніки сухопутних військ. Растрову модель впливу рослинного покриття на маскувальні властивості місцевості подано на мал. 5.



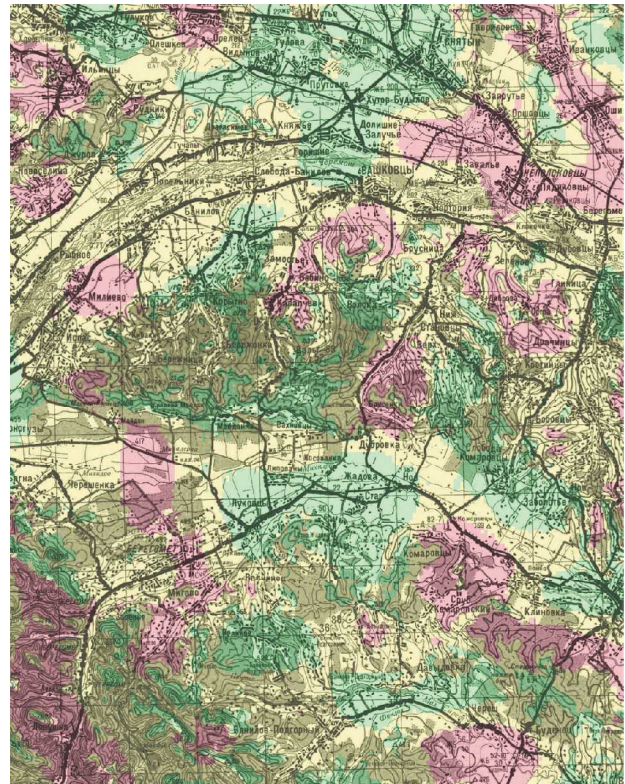
Мал. 5. Растрова модель рослинного покриття

Таким чином, було отримано три растрові моделі території, які передають розподіл тактичних властивостей місцевості на площині. Але, щоб ці растрові набори можна було комбінувати, їх потрібно класифікувати за єдиною шкалою (наприклад, із загальним діапазоном значень від 1-го до 10-ти). Така шкала передає придатність кожного елемента растра для розташування військ. Всі елементи растрових моделей було перекласифіковано за єдиною шкалою з діапазоном значень 1-10, задаючи вищі значення тим атрибутам кожного набору, які відповідають вищому ступеню придатності.

Оцінюючи тактичні властивості місцевості, слід враховувати, що не всі складові однаково впливають на прийняття рішення про розміщення підрозділів військ на місцевості. Вважається, що їх можна розмістити за важливістю в такому порядку: рельєф, дорожня мережа, рослинність. Відповідно присвоюємо растровим моделям такі вагові коефіцієнти: моделі рельєфу – 0,5, моделі дорожньої мережі – 0,3, моделі рослинності – 0,2. Сумарний вплив цих елементів на тактичні властивості місцевості дорівнюватиме одиниці. Така дія

реалізується за допомогою калькулятора растру шляхом перемноження всіх елементів відповідних шарів на вибрані вагові коефіцієнти. Після цієї процедури всі моделі можуть бути об'єднані в результатуючу (узагальнену) растрову модель поелементним сумуванням.

Результуючу модель тактичних властивостей місцевості, призначену для раціонального розташування підрозділів сухопутних військ у районі відповідальності, наведено на мал. 6. Зеленим кольором позначено найбільш придатні, червоним – найбільш непридатні, світлими залишено нейтральні ділянки для розташування військ.



Мал. 6. Результуюча модель геоінформаційного аналізу тактичних властивостей місцевості

Висновки та перспективи дослідження. Зроблено спробу реалізувати методіку геоінформаційного аналізу тактичних властивостей місцевості для підтримання прийняття рішення командиром підрозділу сухопутних військ на розташування живої сили й техніки в районі відповідальності. Відмінністю запропонованої методіки від інших є використання цифрової топографічної карти базового масштабу 1:200 000 виробництва топографічної служби Збройних сил України. Перспективними можуть бути дослідження із залученням додаткових геопросторових даних із цифрової карти ґрунтового покриття для визначення прохідності місцевості або даних аналізу космічних знімків високої роздільної здатності для внесення оперативних змін стану місцевості в базову цифрову топографічну карту.



Література

1. *Бойовий* статут сухопутних військ [Текст]. – У 2 ч. – К.: Варта, 1998. – Ч. II. – 287 с.
2. *Иваньков, П.А.* Местность и ее влияние на боевые действия войск [Текст] / П.А.Иваньков, Г.В. Захаров. – М.: Воениздат, 1969. – 207 с.
3. *Корольов, В.М.* ГИС-технології в інформаційно-керуючих системах підрозділів сухопутних військ [Текст] / В.М. Корольов, П.І. Волчко, В.Ю. Жидков, В.Д. Макаревич // Вісн. геод. та картогр. – 2004. – № 3. – С. 67-71.
4. *Кравчук, О.В.* Методика оперативного створення комп'ютерної тривимірної моделі місцевості [Текст] / О.В. Кравчук, С.В. Ленков, О.Г. Міхно // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2006. – № 1. – С. 122-127.
5. *Міхно, О.Г.* Військова топографія: підручник [Текст] / О.Г. Міхно, С.Г. Шмаль. – К.: Вид-полігр. центр "Київський університет", 2008. – 384 с.
6. *Міхно, О.Г.* Оперативне оцінювання прохідності місцевості [Текст] / О.Г. Міхно, В.А. Рябов // Вісн. геод. та картогр. – 2011. – № 3. – С. 30-34.
7. *Повшедний, В.А.* Методика вивчення й оцінки місцевості по топографічних картах: навчальний посібник [Текст] / В.А. Повшедний, Ю.Є. Варлан. – К.: НАОУ, 2000. – 13 с.
8. *Помбрік, И.Д.* Карта офицера [Текст] / И.Д. Помбрік, Н.А. Шевченко. – М.: Воениздат, 1985. – 175 с.

Надійшла 01.10.12

* * *

УДК 528.9+502.3/7

Ю. О. Карпінський, Н. Ю. Лазоренко-Гевель

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПУНКТІВ У МЕРЕЖІ МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Описываются методы проверки статистических гипотез, методы ГИС-анализа и моделирования для оценки пространственного распределения пунктов в сети наблюдений за поверхностными водами Киевской области. Сделан общий вывод о равномерном рассредоточении таких пунктов в бассейне реки Днепр.

The methods of statistical hypotheses testing, GIS analysis and modeling for estimation of spatial distribution of observation points in the monitoring network of Kyiv oblast surface waters are described. It has been made a conclusion that observation points of the surface waters monitoring network in the Dnipro basin are uniformly distributed.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Поверхневі води – річки, озера, водосховища і ставки – відіграють особливу роль у житті суспільства, бо завжди були і залишаються джерелами прісної води. Але саме поверхневі води зазнають найбільшого впливу природних і антропогенних чинників, які визначають їх екологічний і санітарний стани. Якість водних ресурсів змінюється тому, що біль-шість водних об'єктів є одночасно джерелами водопостачання і приймачами скидів господарюючих суб'єктів. Тому контролювання стану водних об'єктів є обов'язковою умовою моніторингу природних комплексів.

Моніторинг поверхневих вод як складова державної системи моніторингу навколишнього природного середовища проводиться з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування змін і вироблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у питаннях використання, охорони та відтворення водних ресурсів [1]. Спостереження за якістю поверхневих вод здійснюють на пунктах спостереження. Це місця на водотоках або на замкнутих водоймищах, де виконують комплекс робіт для одержання даних про кількісні та якісні характеристики води.

Однією з основних вимог до ефективного функціонування системи моніторингу поверхневих

вод є рівномірне просторове розміщення пунктів спостереження по всій території об'єкта дослідження. Виявити такий розподіл об'єктів моніторингу дозволяє геоінформаційний аналіз просторових розподілів. Будь-який набір геопросторових об'єктів, до яких належать і пункти спостережень за поверхневими водами (передаються точковим способом), має чітко визначене просторове розміщення. Виділяють чотири типи просторового розміщення точкових об'єктів: рівномірний, регулярний, випадковий і кластерний.

Для аналізу рівномірності розподілу пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод скористаємося методами геоінформаційного аналізу та апаратом математичної статистики.

Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Дане дослідження мотивоване постановою Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля" від 30.03.1998 р. № 391, Державною цільовою екологічною програмою проведення моніторингу навколишнього природного середовища, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 5.12.2007 р. № 1376, і науково-дослідною роботою під назвою "Картографо-інформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об'єктів системи моніторингу", виконаною в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (2009-2010 рр.).

© Ю. О. Карпінський, Н. Ю. Лазоренко-Гевель, 2012