

УДК 624.131.5:528.88

Т.В. ДУДАР, М.О. СВИДЕНЮК, В.Я. ЩЕРБЕЙ

ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ДАНИХ ТА РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ЗЙОМКИ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК

***Анотація.** У представленій статті розглядаються актуальні питання щодо розвитку зсувонебезпечних процесів правобережної частини м. Києва. На основі даних топографічних карт та радіолокаційної зйомки побудовано зображення поширення чинників активізації зсувних процесів, зокрема зображення пологості земної поверхні, карти перепаду висот, карти літології зони аерації та підземних вод, а також точкового навантаження забудов. Вплив чинників на активізацію екзогенних геологічних процесів продемонстровано на прикладі Придніпровської та Лаврської зсувних ділянок.*

***Ключові слова:** геоінформаційні системи, зсувонебезпечні процеси, топографічні карти, радіолокаційна зйомка, програмне середовище ArcGis.*

Постановка проблеми

Як відомо, розвиток зсувних процесів у місті Києві зумовлений багатьма чинниками, серед яких особливе значення мають складні геологічні умови правобережної його частини. Актуальність дослідження зсувонебезпечних ділянок міста на жаль з роками тільки зростає, оскільки зростає густота населення за рахунок нераціонального ущільнення забудови, причому не тільки в адміністративних кордонах міста, але й у приміській смузі, а отже, активний зовнішній техногенний вплив на природні та антропогенні системи.

Гострота проблеми підсилюється тим фактом, що в межах зсувонебезпечних ділянок зосереджені *об'єкти культурної спадщини всесвітнього значення*, на які поширюється «Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини» ЮНЕСКО, ратифікована Верховною Радою України [1]. Знаходження історичних об'єктів в зоні розвитку зсувів також несе загрозу національним інтересам України в екологічній сфері: ст. 7, Закон України «Про основи національної безпеки України» [2]. Активізація сучасних зсувів створює загрозу руйнування низці історико-ландшафтних комплексів: *культових споруд, заповідників, громадських та державних споруд, палаців, музеїв, пам'ятників* [3]. Закони та нормативно-правові акти розроблено і прийнято, проте катастрофа втрати цінних територій наближається, ефективних дій у даному напрямку не зроблено.

Як відзначалося у Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні [4], швидкість поширення зсувів залежить від геометричних характеристик зсувних тіл, ступеня техногенного навантаження, щільності дерево-трав'янистої рослинності та рівня забезпеченості протизсувними інженерними спорудами і у 2013 році загальна уражена площа кийвських схилів долини р. Дніпро сягала 441 га.

Виходячи із вищезазначеного, автори поставили за мету представленого дослідження оцінити стан урбогеологічної системи у межах міста Києва, де динамічне розповсюдження зсувонебезпечних територій загрожує руйнуванням цінних об'єктів культурної спадщини, з використанням топографічних даних та радіолокаційної зйомки.

Виклад основного матеріалу









Виходячи з геолого-гідрологічних умов та характеру проявів у межах міста, зсуви було згруповано та представлено територіально в Придніпровську (Подільську, Центральну, Лаврську, Залаврську, Видубицьку ділянки) та Міську зони, які можливо дешифрувати за зображеннями космічних знімків на регіональному рівні (рис. 1) [5].



a

б

Рис. 1 – Синтезовані супутникові зображення зсувонебезпечних ділянок за параметром кута нахилу схилу: *a* – багатоканальний космічний знімок Landsat 8 міста Києва; *б* – багатоканальний космічний знімок QuickBird Придніпровської зсувної зони

	<i>Адміністративний кордон міста Києва</i>		<i>Подільська зсувна ділянка</i>		<i>Центральна зсувна ділянка</i>
	<i>Місце розташування Придніпровської зсувної зони</i>		<i>Лаврська зсувна ділянка</i>		<i>Залаврська зсувна ділянка</i>
			<i>Видубицька зсувна ділянка</i>		<i>Перепади висот зсувонебезпечних ділянок з нахилом схилу 21°–90°</i>

Найбільш потужне навантаження на геологічне середовище спостерігається на території міської частини схилів долини річки Дніпро. У даній роботі результати дослідження причин розвитку зсувонебезпечних процесів зображені на рис. 2, а саме: різкий перепад висот, значний ухил схилу на малій площі та антропогенне навантаження. Для цього було завантажено супутникове зображення космічної зйомки SRTM 1 Arc-Second Global (Shuttle radar topographic mission) за 23 вересня 2014 року у форматі *.tif (рис. 2 б) [6].

Для інтерпретування стану земної поверхні у вигляді числових даних виконано перетворення геологічної інформації у двійковому коді. Даний файл перетворено у формат *.tin за допомогою вбудованого інструментарію та триангуляційних рівнянь програми ArcMap геоінформаційного середовища ArcGis (рис. 2 з-е).

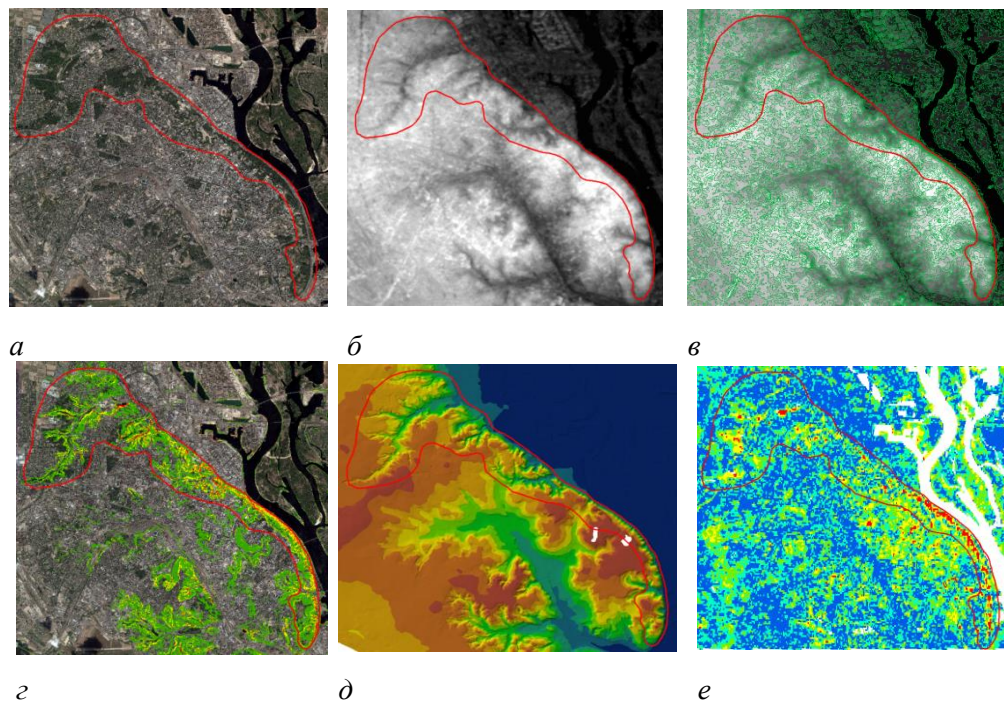
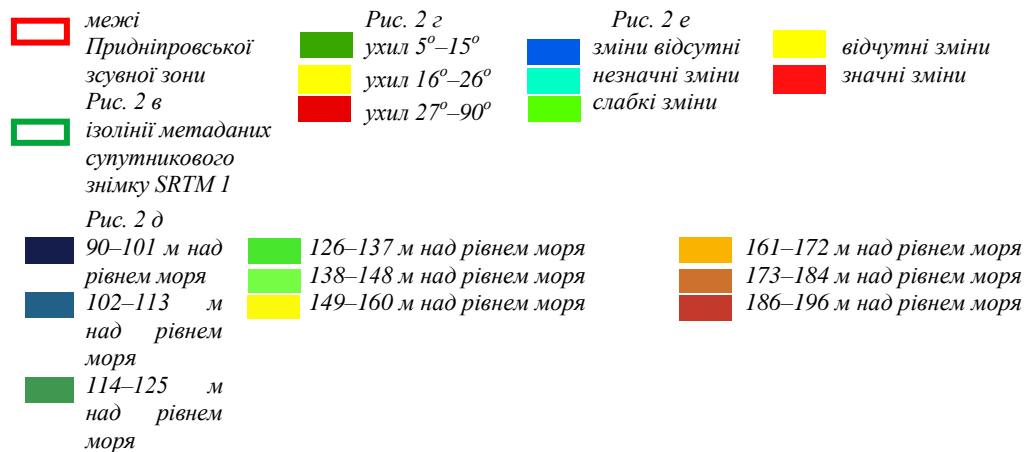


Рис. 2 – Процес обробки та отримання результатів з метаданих супутникового знімку SRTM 1 Arc-Second Global на території Придніпровської зсувної зони міста Києва: а – супутниковий знімок з носія QuickBird; б – зображення радарної супутникової топографічної зйомки SRTM 1 Arc-Second Global; в – зображення ізоліній земної поверхні, сформованих за метаданими супутникового зображення SRTM 1; г – зображення пологості схилів; д – зображення перепаду висот; е – карта антропогенного навантаження на територію



Зображення навантаження на геологічне середовище Придніпровської зсувної зони (рис. 2 е) отримано внаслідок проведення алгебраїчної дії віднімання інтерпольованих даних горизонталей висот міста Києва за 2003 рік (формат файла *.shp) від масиву даних космічного знімку SRTM за 2014 рік через програму ArcGis. Внаслідок проведення радарної зйомки отримані знімки містять інформацію про висоту кожного пікселя над рівнем моря. На формування нестабільних зон (зеленого, жовтого та червоного кольорів на карті) найбільш сильно впливає точкове навантаження на геологічне середовище від ваги новобудов. Це спричиняє активізацію руйнівних геологічних процесів, що безпосередньо відображається на технічному стані будівель і споруд, де просідання ґрунтів загрожує архітектурним спорудам, інженерним мережам і комунікаціям.

Детальніше результати представлені на рис. 3. Лаврська ділянка обрана через локалізацію на ній архітектурного культурно-історичного цінного комплексу «Києво-Печерська Лавра».

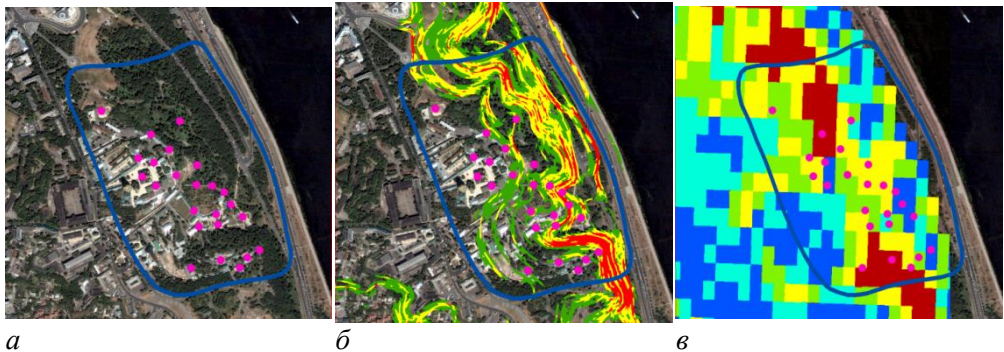
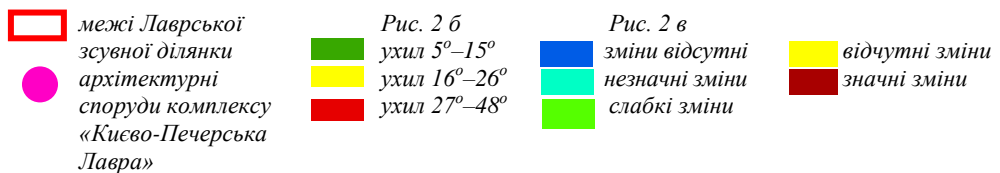


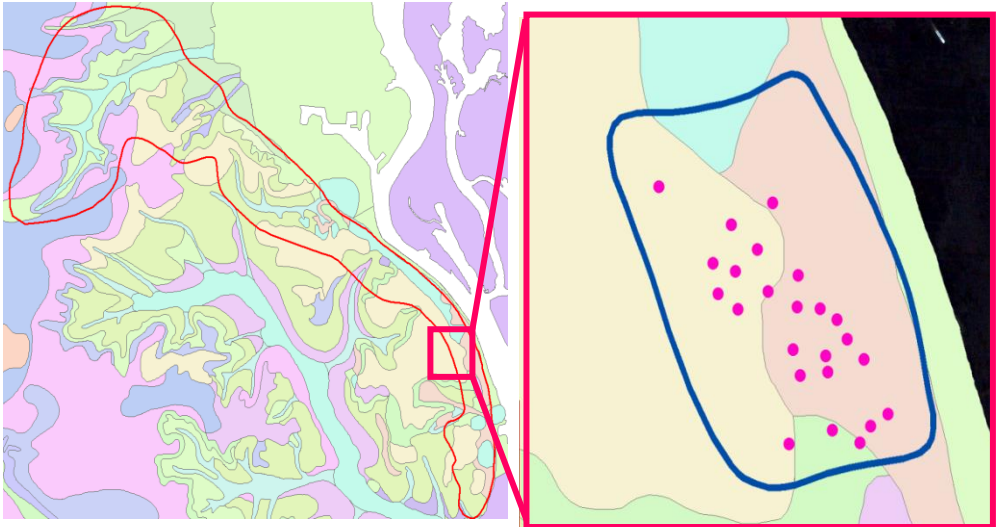
Рис. 3 – Результати обробки метаданих супутникового знімку на прикладі Лаврської зсувної ділянки: а – супутниковий знімок з носія QuickBird; б – зображення перепаду висот; в – зображення змін антропогенного навантаження за 2003–2014 роки



На рис. 3 показано місцезнаходження об'єктів культурної спадщини, зокрема: Церква Спаса на Брестові, Велика лаврська дзвіниця, Церква усіх святих, Церква Живоносного Джерела, Храм Різдва Христового. Також на території культурно-історичного комплексу «Києво-Печерська Лавра» знаходяться військові споруди історичного значення, а саме: Онуфрієвська вежа, Малярна вежа та захисні стіни. Усі об'єкти знаходяться під загрозою руйнування, оскільки цьому сприяє ряд природних факторів (рис. 2 з, 2 д, рис. 4 а, 4 б). Як наслідок, територія Лаври знаходиться у динамічному стані негативних змін під дією зсувних процесів, про що свідчить зображення рисунку 3 в, на якому видно, що деякі історичні споруди знаходяться у зоні найбільших змін геологічної поверхні.

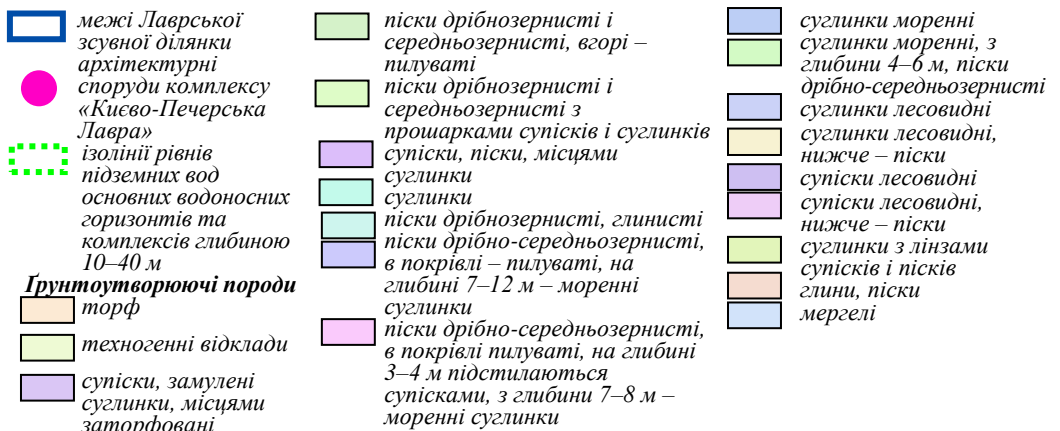


а



б

Рис. 4 – Карти природних чинників, сприятливих для розвитку зсувних процесів:
а – карта підземних вод; б – карта літології зони аерації



Карта літології зони аерації, створена у системі ArcGis, дає змогу оцінити просторове розповсюдження ґрунтоутворюючих порід, структура та фізико-хімічні характеристики яких сприяють інтенсивному розвитку зсувних процесів. Карта складена на основі карти природної захищеності ґрунтових вод.

Зони найбільш вірогідних змін обиралися за рахунок найбільш критичних значень, отриманих в результаті обробки побудованих зображень (рис. 5). Слід зазначити, що дані зони знаходяться одразу на місці найбільш крутих схилів міста (рис. 5 а), де перепад висот сягає 100 метрів (рис. 5 в). Крім того, в даних зонах присутня густа мережа підземних вод, які, внаслідок значного коливання гідродинамічного тиску, сильно зволожують ґрунти даної території (рис. 5 з). Рисунок 5 б підтверджує вірність обрання даних зон, оскільки найбільші зміни впродовж 10 років сталися саме на обраних територіях.

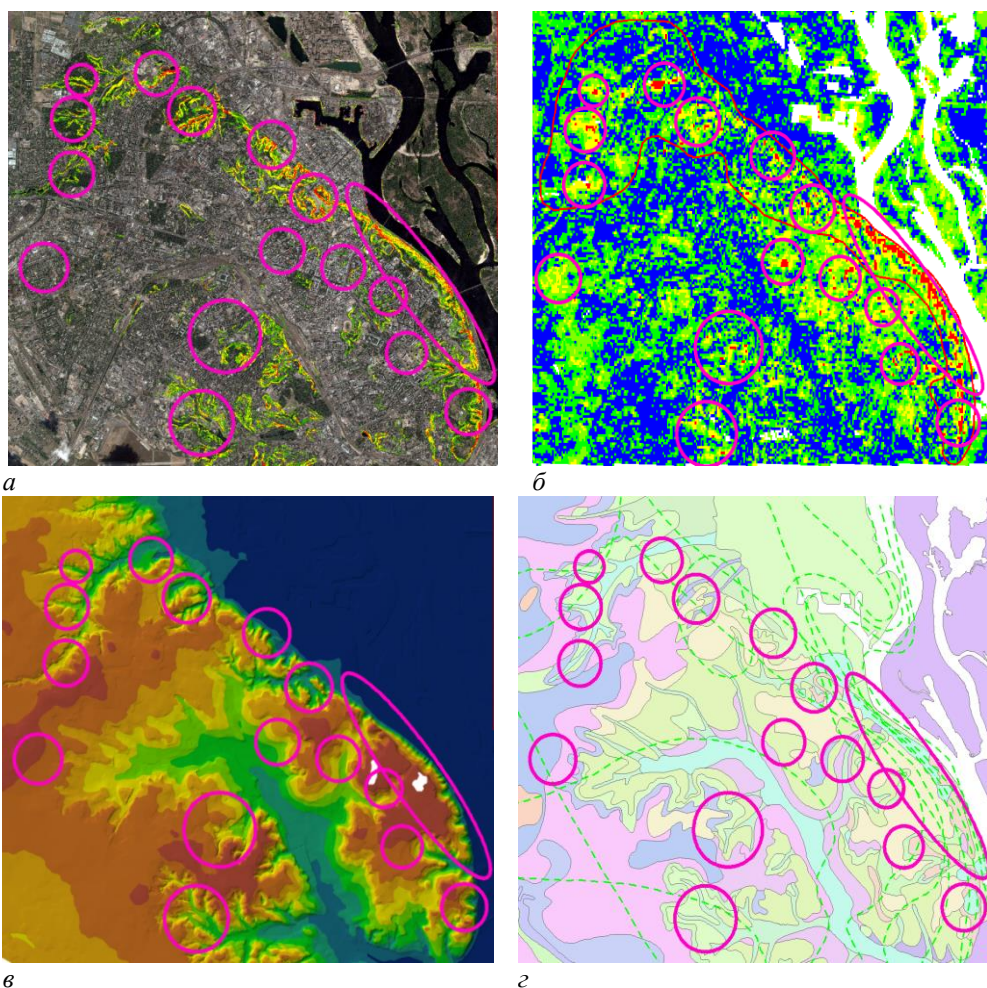


Рис. 5 – Карти розповсюдження чинників, сприятливих розвитку зсувних процесів: а – зображення пологості території; б – зображення змін території під дією точкового навантаження; в – карта рельєфу; г – карта літології зони аерації

○ зони найбільш активних змін на території міста Києва за період 2003–2014 рр.

Детальніше принцип обрання зон найбільшого впливу чинників активізації зсувних процесів можна побачити на рис. 6. Аналіз на основі Лаврської зсувної ділянки дає змогу стверджувати про значний вплив, що мають перепади висот (рис. 6 б) та ґрунтоутворюючі породи, сприятливі для розвитку зсувних процесів (рис. 6 в).

На території Лаврської ділянки розповсюджені дрібнозернисті піски, лесовидні супіски, моренні та лесовидні суглинки, глини та мергелі. В умовах міста Києва, де на придніпровських схилах та, в нашому випадку, біля самої Лаврської зсувонебезпечної зони, існує складна система транспортних доріг з інтенсивним рухом автотранспорту. Крім даного джерела вібрацій, у місті постійно ведуться будівельні роботи, зокрема, поряд з іншими зонами інтенсивних зсувних процесів.

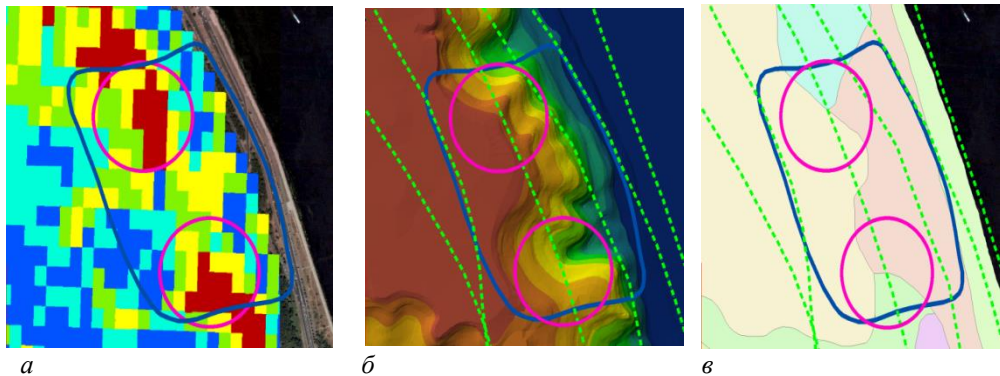


Рис. 6 – Зони з найвищою інтенсивністю зсувонебезпечних процесів Лаврської зсувної ділянки: а – зображення змін антропогенного навантаження за 2003–2016 рр.; б – карта перепадів висот; в – карта літології зони аерації



Висновки

За допомогою геоінформаційних систем виявлено, виділено та оцінено масштаби розповсюдження зсувонебезпечних територій на правобережжі міста Києва. Вплив чинників на активізацію екзогенних геологічних процесів продемонстровано на прикладі Придніпровської та Лаврської зсувних ділянок.

На основі даних топографічних карт та радіолокаційної зйомки геологічної поверхні землі міста Києва побудовано зображення поширення чинників активізації зсувних процесів, зокрема, зображення пологості земної поверхні, карти перепаду висот, карта літології зони аерації та підземних вод, зображення зміни земної поверхні під дією природних чинників та точкового навантаження будівель.

Користуючись побудованими зображеннями у програмному середовищі ArcGis, виділено зони, де інтенсивність зсувних процесів та руйнування геологічної поверхні міста Києва є найвищими. Зони відповідають географічному розміщенню зсувних форм міста, які занесено до реєстру після проведення досліджень на місцевості, що свідчить про достовірність отриманих результатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конвенція «Про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини», ЮНЕСКО, Міжнародний документ від 16.11.1972.
2. Закон України «Про основи національної безпеки України», Верховна Рада України; Закон від 19.06.2003 № 964-IV.
3. Стецюк В.В. Київ як економічна система: «природа-людина-виробництво-екологія» / В.В. Стецюк, С.В. Романчук, Ю.В. Щур // Центр екологічної освіти та інформації. – К., 2001. – С. 12.
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році. Підготовлено: Міністерством надзвичайних ситуацій України; Міністерством екології та природних ресурсів України; Національною академією наук України.
5. Київське державне геологічне підприємство «Геосервіс». Звіт Комплексної геофізичної партії за 1998–2013 рр.
6. U.S. Geological Survey [Електронний ресурс] – Режим доступу до сторінки <http://www.usgs.gov>.

Стаття надійшла до редакції 16.01.2017