

УДК 528.8:(504.064.3:551.4.042)(477–25)

## Дослідження зсувних процесів на території м. Києва в режимі дистанційного моніторингу

Л. П. Ліщенко\*, Н. В. Пазинич, О. М. Терemenко

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України", Київ, Україна

В результаті дистанційного моніторингу зсувних процесів на території м. Київ встановлена приуроченість активізованих протягом 20 років зсувонебезпечних ділянок до зон геодинамічної напруги. Останні пов'язані з глибинними розломами та лінеаментами, які можна виділяти за космічними матеріалами. Було застосовано прийоми морфодинамічного аналізу, завіркові наземні спостереження на окремих активізованих ділянках — Мишоловка, Батиева гора.

**Ключові слова:** дистанційний космічний моніторинг, зсувні процеси, зсувонебезпечні ділянки, геодинамічні зони, морфодинамічний аналіз

© Л. П. Ліщенко, Н. В. Пазинич, О. М. Терemenко. 2014

Зсувні процеси на території м. Києва обумовлені геологічною будовою правобережних схилів Дніпра і врізаних в плато долин притоків Дніпра. Зсувні ділянки характеризуються багатоярусною геологічною будовою, перешаруванням водопроникних, водонасичених і водотривких відкладів. На цих територіях розташовано дві зони розвитку гравітаційних процесів — Придніпровська і Міська. Загальна площа зсувних зон складає близько 400 га, де розташовано понад 130 зсувонебезпечних ділянок, які в даний час стабілізує 33 км підпірних стінок. Інженерні протизсувні споруди почали зводитися на крутих схилах Дніпра ще в XII столітті при розбудові Києво-Печерської Лаври. Активізація гравітаційних процесів в другій половині XIX століття була викликана штучними змінами гідрологічного режиму Дніпра, інтенсивною забудовою схилів і спорудженням відповідних комунікацій.

За результатами проведеного авторами моніторингу стану та розвитку зсувних ділянок з застосуванням інформації космічних зйомок окреслився раціональний комплекс типів і видів космічних зйомок, що залучалися при дослідженні зсувних процесів за двадцятирічний часовий період. В даний час при вивченні особливостей розташування і будови безпосередньо зсувних ділянок авторами використовувалися багатозональні космічні знімки (КЗ) з високим просторовим розрізненням (з носіїв Ikonos, Quick Bird). Крім опрацювання матеріалів ДЗЗ за допомогою сучасних програмних продуктів виконувалися завіркові наземні дослідження протягом декількох років поспіль та була залучена оперативна інформація природоохоронних організацій м. Києва.

Важливою складовою геоекологічних досліджень гравітаційних процесів є різнобічний аналіз геодинамічних зон. Їх лінійне розміщення розглядається як прояв на денній поверхні систем розломів, які

пронизують осадову товщу і структуру фундаменту та знаходять прояв в сучасному рельєфі. Тому, застосування КЗ дає можливість вивчати сучасні геодинамічні процеси за результатами дешифрування зон геодинамічної напруги та вузлів їх перетину. В таких зонах спостерігається зміна фізичних властивостей порід з утворенням гідрогеологічних, геотермальних і геохімічних аномалій, відмічається розвиток і активізація сучасних екзогенних процесів (зсуви, ерозія, просідання ґрунтів та ін.).

Для дешифрування зон геодинамічної напруги на регіональному рівні тривалий час успішно використовуються багатозональні КЗ з носіїв Landsat, Spot, Ресурс. В результаті дешифрування побудована просторова модель зон геодинамічної напруги на територію Київської міської агломерації. Простежується певна відповідність розломів кристалічного фундаменту, розломів активізованих на неотектонічному етапі в осадовому чохлі до геодинамічних зон, виділених за КЗ. Представлені розломи, що трасуються за геолого-геофізичними даними, поступово зменшують свою амплітуду у верхніх горизонтах осадової товщі і нерідко стають безамплітудними, формуючи зони підвищеної тріщинуватості. Виявлення таких зон знаходиться за межами можливостей геофізичних методів, але вони можуть бути виділені за результатами структурно-геоморфологічних досліджень і геоіндикаційного дешифрування КЗ [5]. Наслідком таких тематичних геоекологічних досліджень стали картографічні моделі розміщення геодинамічних зон в узгодженні з ділянками розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів на території м. Києва [4. Були складені картосхеми: "Київ. Сучасні екзогенні процеси", де виділені зсуви станом на 1995 рік; "Придніпровська зсувна зона м. Києва. Схилові ділянки", станом на 2005 рік; "Структурно-геоморфологічна схема. Правобережжя Києва", станом на 2010 рік.

Результати проведених досліджень показали, що

\*e-mail: Lischenko.lp@gmail.com

з кінця минулого сторіччя зсувонебезпечні території міста в більшості своїй зазнавали техногенного впливу, відбувалася стабілізація одних зсувних ділянок, які досягли рівноваги і активізація інших, де стійкість була порушена. Більшість зсувів мають приповерхневий характер, в них задіяні делювіальні і верхньоплейстоценові суглинки, що перезвожуються, а водотривкі нижньоплейстоценові бурі глинисті породи стають пластичними і є основою для сковзання.

Розвиток зсувів обумовлений низкою чинників, серед яких найважливішими є гідрометеорологічні умови та техногенний вплив на геологічне середовище, коли під впливом гравітаційних сил переміщуються великі об'єми породи у вигляді осипань, обвалів, зсувів на схилах плато та в бортах долин та ярів. Це викликає засипання доріг, обрушення будівель, деревопади, виникнення тимчасових водонасичених ділянок і навіть незначних тимчасових водотоків.

Максимум зсувної активності припадає на весну і літо — періоди інтенсивного танення снігу і рясних опадів. Це проявилось на зсувонебезпечних ділянках м. Київ, де навесні 2013 року утворилося 18 нових зсувів, половина з яких знаходиться на Центральній ділянці Придніпровської зсувної зони приуроченої до Київського неотектонічного розлому. На рисунку 1 показані активізовані зсуви станом на липень 2013 року.

Характерною особливістю Центральної ділянки Придніпровської зсувної зони є те, що активізація часто відбувається як по корінним так і делювіальним, зсунутим і підрізаним раніше породам, що утворили терасу в корінному схилу плато до долини Дніпра, по якій проходить Паркова алея, урочище Аскольдова могила, циркоподібна поверхня біля Зеленого театру, штучний майданчик під оглядовою терасою Маріїнського парку. Зсувні цирки даної ділянки чітко дешифруються на КЗ високої просторової розрізненості, але, нажаль, тільки під час низької вегетації рослинності, що покриває схил (пізня осінь—рання весна). Вони являють собою овально-ігнуті та випуклі бугристі поверхні схилу, в підосшві якого зосереджені переміщені і перенасичені водою маси зсувного тіла. У даному випадку домінуючу роль в розвитку зсувних процесів зіграли природні чинники на тлі техногенного впливу, це незважаючи на проведення протягом більш ніж сторіччя системних інженерних протизсувних заходів — дренажні колектори, колодязі, підпірні стінки, терасування та засадження деревною рослинністю схилів.

Сучасна активізація гравітаційних процесів у Миській зсувонебезпечній зоні, що має складний ерозійно розчленований рельєф спровокована масовою забудовою схилів р. Либідь, малих річок і крупних балок (Совська, Кучмин Яр, Воздвиженська балка, Богуславська балка, Кудрявський узвіз). В останні роки спостерігаються процеси сповзання схилів



**Рис. 1.** Геодинамічні зони та зсуви активізовані станом на липень 2013 року

1 — зони геодинамічної напруги, що фіксовані у кристалічному фундаменті та віддешифровані за матеріалами КЗ; 2 — зони геодинамічної напруги, виділені за матеріалами КЗ; 3 — активізовані зсуви у 2013 році

корінного плато під дією підрізання, порушення дренажу, надмірного навантаження будівельними об'єктами на так званих Київських горах (Батієва, Замкова, Багринова, Лиса, Черепанова і т. ін.).

Першочергове значення при вирішенні багатьох екологічних проблем має морфологічний та морфодинамічний аналіз рельєфу в межах міської забудови. Рельєф контролює напрям потоків речовини і енергії, концентруючи і розсіюючи їх. Визначальним принципом дії екзогенних процесів є їх спрямованість на загальне вирівнювання поверхні. Потoki речовини, внаслідок дії гравітаційних процесів завдають значних змін і перетворень у природно-техногенній системі. Методичною основою морфодинамічного методу є розчленовування рельєфу на окремі каркасні елементи (кільові і гребеневі лінії, лінії увігнутих і опуклих перегинів). Ці лінії розмежовують площинні елементи, що мають різну циркуляційну, інсоляційну і гравітаційну експозиції. Кільові лінії зображуються у вигляді векторів, що надає їм фізичного змісту спрямованих потоків речовини по земній поверхні. Ділянки, які характери-



**Рис 2.** Каркасна структура рельєфу Придніпровської зсувної зони в м. Києві  
1 – кільові лінії, 2 – гребеневі лінії

зуються певними особливостями будови, планової конфігурації, щільності каркасних елементів рельєфу мають виділятися в окремі райони. Найбільша щільність каркасних елементів характерна для центральної частини міста, яка в структурному відношенні відповідає Печерському горсту (рис. 2). Абсолютні відмітки поверхні складають практично 200 м, а відносні перевищення над руслом р. Дніпро досягають 100 м. Саме гіпсометричні градієнти і покривні суглинки створили умови для інтенсивного розчленовування і формування мережі щільно розташованих, коротких каркасних ліній. На цій території найбільший розвиток отримали ерозійні та гравітаційні процеси, що сформували природний рельєф [2, 3]. Тому аналіз цифрової моделі рельєфу за допомогою морфологічного та морфодинамічного підходу є необхідною умовою космічного моніторингу зсувних процесів.

Під час проведення дистанційного моніторингу активізованих зсувів розглядалися передумови їх

утворення. Виконуючи дешифрування детальних КЗ лівого схилу Мишоловської балки (північний схил Багринової гори) за період з 2002 по 2013 рік, встановлені такі особливості: раніше відносно прямо-висні схили балки були закріплені деревною рослинністю; в схилі існувало стихійне сміттєзвалище; струмок у днищі балки був узятий в поверхневий колектор. Відносна висота схилу складає 60 м, висота обривистої ділянки 36 м. В результаті інтенсивної забудови днища балки відбулося баражування стоку приповерхневих вод фундаментами нових будівель, а закладання фундаменту багатопверхового висотного будинку з підземними гаражами на краю Багринової гори у 2005 році спровокувало втрату стійкості схилу і активізацію гравітаційних процесів. Проведений морфодинамічний аналіз даної ділянки встановив, що новобудова розташована поперек каркасної гребеневої лінії рельєфу стала штучним вододілом, що змінив структуру кільових ліній і перерозподілив стік в сторону балки Мишоловка. Пе-

ребудувавши природну систему каркасних елементів рельєфу, антропогенний вплив спровокував зміни ландшафтно-геоморфологічної системи в цілому. В результаті перебудови системи відбулося збурення рельєформуючих процесів спрямованих на вирівнювання схилів і досягнення стану динамічної рівноваги (рис. 3).

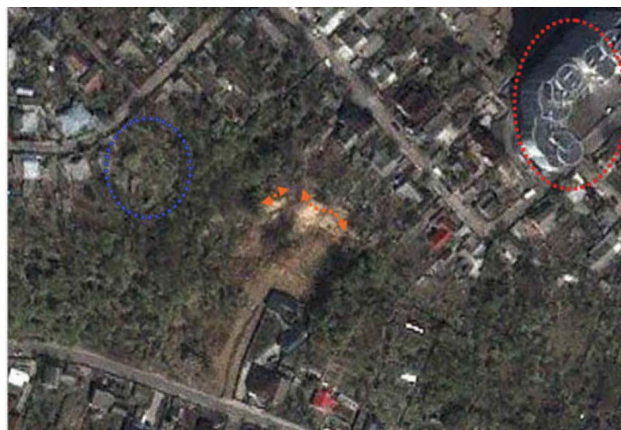
Нехтування особливостями геоморфологічної будови і рельєфоутворюючими процесами в умовах необґрунтованого збільшення антропогенного навантаження може мати небезпечні наслідки подібні тим, що склалися на північно-західних схилах Батиевої гори навесні 2013 року [4]. Проаналізувавши серію КЗ високого просторового розрізнення на ділянку активізованих зсувів було встановлено передумови їх утворення. В 2002–2003 роках при будівництві багатоповерхового житлового будинку був підрізаний схил на Батиевій горі, але він залишався стабільним до початку інтенсивної забудови терасованих схилів приватними багатоповерховими будівлями з підземними інженерними спорудами і комунікаціями, штучним поливом. Це викликало порушення природного дренажу схилу, а під впливом інтенсивних опадів привело до перезволоження верхніх суглинистих делювіальних відкладів і сповзання їх. В окремих старих будинках, біля яких прак-

тично відсутні ливнестоки з'явилися тріщини, продовжилися обвали і руйнування дороги. Висота схилу від вершини Батиевої гори до долини р. Либідь складає 68 м. Схил ускладнений зсувними площадками і вузькими терасами, по яких закладені вулиці і присадибні ділянки. Протягом багатьох років поверхня схилу зазнавала перепланування, нівелювання, підрізання під впливом антропогенних чинників та інтенсивно забудовувалася (рис. 4).

Подібна активізація схилових процесів відбулася і на інших ділянках: схил Замкової гори, схил долини р. Совка та корінний схил плато біля Лисої гори, на Андріївському узвозі.

За даними аерокосмічного моніторингу прослідковуються етапи стабілізації одних зсувонебезпечних ділянок, що досягли динамічної рівноваги та активізація інших, де стійкість схилів порушена низкою чинників природного та антропогенного походження, а частіше їх комплексною дією як це відбулося у 2013 році.

Для стабілізації зсувних процесів зсувонебезпечних ділянках необхідно повністю заборонити будь-



**Рис. 3.** Моніторинг зсуву у лівому борті Мишоловської балки а) — КЗ станом на 2002 р.; б) — КЗ станом на 2012 р.; в) — каркасні елементи рельєфу; г) — фотографія зсуву від 04. 2013 р. 1 — кільові лінії, 2 — гребеневі лінії, 3 — змінений напрям природного стоку, 4 — зсув



**Рис. 4.** Моніторинг зсуву у схилі Батієвої гори КЗ станом на: а) — 2001 р.; б) — 2012 р.

які будівельні роботи та удосконалити інженерні протизсувні заходи, виконати закріплення схилів деревно-чагарниковою рослинністю з глибокою кореневою системою.

Загалом моніторинг за матеріалами космічної зйомки дає можливість простежити етапи процесу стабілізації одних зсувних ділянок, які досягли рівноваги і активізації інших, де стійкість порушена, але всі вони так чи інакше знаходяться в геодинамічно активних зонах, що виділені авторами за дистанційними матеріалами. В свою чергу морфодинамічний аналіз каркасної структури рельєфу дозволяє виділяти в межах Києва окремі ділянки з характерною структурою і щільністю кільових і гребневих ліній та притаманними їм екзогенними рельєфоутворюючими процесами, що викликають порушення у природно-техногенній системі міста.

## Література

1. Лищенко Л. П. Мониторингоползневых процессов на территории г. Киева (с использованием материалов дистанционного зондирования Земли / Л. П. Лищенко, А. Н. Теремко // Проблемы и опыт инженерной защиты урбанизированных террито-

рий сохранения наследия в условиях геоэкологического риска. К.: "Феникс", 2013. — С. 169–76.

2. Пазинич Н. В. Морфодинамичний аналіз рельєфу в межах міських агломерацій (на прикладі правобережної частини м. Києва / Н. В. Пазинич // П'ята науково-практична конференція «Моніторинг навколишнього середовища. Науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення». НПЦ Екологія наука техніка, 2010. — С. 65–68.
3. Пазинич Н. В. Анализ рельефа как компонента природно-техногенной системы города (на примере г. Киева) / Н. В. Пазинич // Проблемы и опыт инженерной защиты урбанизированных территорий сохранения наследия в условиях геоэкологического риска. К.: "Феникс", 2013. — С. 176–182.
4. Старостенко В. И. Проблемы сохранения архитектурного наследия исторического центра Киева в условиях возрастающего эколого-технологического риска // В. И. Старостенко [и др.] // Геофизический журнал, 2011. — Т. 33. — № 6. — С. 3–4.
5. Теремко О. М. Дослідження зон геодинамічної напруги для прогнозування і картографування геолого-екологічних процесів за матеріалами космічних зйомок / О. М. Теремко // Проблеми розробки і впровадження сучасних інформаційних технологій / Зб. наук праць. Київ – Харків–Крим, 2004. — С. 154–57.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. КИЕВ В РЕЖИМЕ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Л. П. Лищенко, Н. В. Пазинич, А. Н. Теремко

В результате мониторинга оползневых процессов на территории г. Киев с помощью космических материалов установлена приуроченность активизировавшихся в течение 20 лет оползнеопасных участков к зонам геодинамического напряжения. Последние связаны с глубинными разломами и линеamentами, которые можно выделять по многозональным космическим снимкам. Применялись приемы морфодинамического анализа рельефа, заверочные наземные наблюдения на отдельных активизированных оползневых участках — Мышеловка, Батыева гора.

**Ключевые** слова: дистанционный космический мониторинг, оползни, оползнеопасные участки, геодинамические зоны, морфодинамический анализ

## RESEARCH OF LANDSLIDE PROCESSES FOR THE TERRITORY OF KYIV WITH MONITORING REMOTE SENSING DATA

L. P. Lischenko, N. V. Pazinich, A. N. Teremenko

As a result of the space monitoring of landslides processes for the Kiev using remote sensing data for two last decades. The sliding terrains are affected by the technogenic and environmental factors. In general the studies have shown the reasonability of the research of conditions and spreading of the gravitational processes in the active geodynamic zones on a basis of monitoring by information of multispectral satellite imagery. The morphodynamic analyze of relief, verification of surface supervisions on the some activated areas (Batu Mount, Mousetrap) were used.

**Keywords:** remote sensing monitoring, landslides processes, sliding terrain, geodynamic zones, morphodynamic analyze