



КОСМОС – УКРАЇНІ

Інтерв'ю з академіком НАН України
В.І. Ляльком

Сучасні тенденції розвитку світової спільноти і розширення глобального інформаційного простору висувають на перший план завдання раціонального управління природними ресурсами. У цьому аспекті дедалі більшого економічного значення набувають методи дистанційного зондування, які стають потужним засобом як локальних досліджень окремих компонентів Землі, так і глобального вивчення планети в цілому. Про розвиток цього наукового напрямку в Україні та практичне застосування окремих розробок розповідає директор Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, лауреат Державних премій у галузі науки і техніки УРСР та України і премії ім. В.І. Вернадського НАН України, заслужений діяч науки і техніки України, академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук Вадим Іванович Лялько.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це метод одержання інформації про різні об'єкти і динамічні процеси та явища на поверхні Землі, в її надрах та атмосфері за допомогою реєстрації відбитого чи власного електромагнітного випромінювання на відстані, без безпосереднього контакту. Реєстрацію здійснюють за допомогою технічних засобів, установлених на повітряних або космічних носіях. Методи ДЗЗ з космосу характеризуються високою оглядовістю, регулярністю знімань досліджуваних об'єктів, можливістю одночасно отримувати інформацію про великі території; переходити від дискретного набору значень певних показників в окремих пунктах до безперервної картини просторового розподілу цих показників на всій території; одержувати оперативну й об'єктивну інформацію про важкодоступні райони. Ці переваги найбільш відчутні у сфері глобального моніторингу планети та національного моніторингу держав, що мають значні території, де оглядовість матеріалів і генералізація інформації відіграють істотну роль. Однак і для потреб регіонального моніторингу методи ДЗЗ можуть успішно застосовуватися для вирішення конкретних завдань, доповнюючи дані контактних способів вимірювань, а в деяких випадках навіть перевершуючи їх за інформативністю.

— *Вадиме Івановичу, Ви є відомим фахівцем у галузі аерокосмічних досліджень Землі, завдяки виконаному Вами циклу теоретико-методичних робіт сформувалася оригінальна вітчизняна наукова школа з дослідження впливу енергомасообміну в геосистемах на спектральні характеристики земних покривів. Як на Вашу думку, чи є сьогодні в Україні перспективи розвитку космічних методів дистанційного зондування?*

— Нині у світі дедалі більше уваги приділяють таким чинникам, як достовірність даних, оперативність їх надходження, мінімізація необхідних для цього витрат. І тут надзвичайно широкі можливості та беззаперечні переваги мають методи ДЗЗ. Це один із найбільш вражаючих «практичних виходів» космічної діяльності, саме за його допомогою вирішується багато «земних» справ і завдань у галузі природокористування, ресурсозбереження, екобезпеки тощо. З кожним роком зростає кількість супутників ДЗЗ, що працюють у космічному просторі, розширюється коло країн — операторів космічних апаратів. Цілком упевнено можна казати, що на сьогодні ДЗЗ сформувалося у високотехнологічний міждисциплінарний науковий напрям.

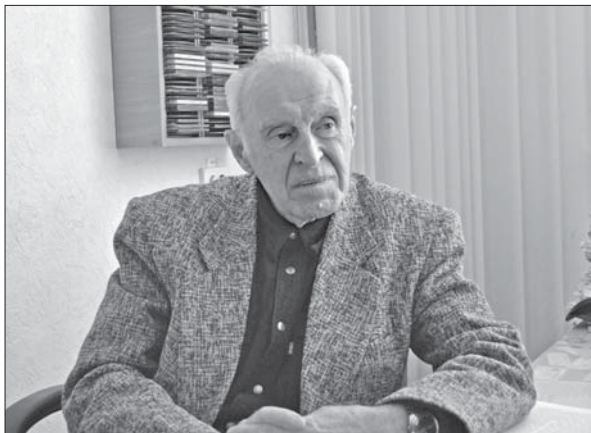
Заданими ООН, з огляду на стрімке зростання чисельності населення Землі, актуальними й надалі залишаються три глобальні проблеми забезпечення життєдіяльності людства: продовольство, питна вода та енергетичні потреби. Вони взаємопов'язані одна з одною, тому і вирішувати їх слід комплексно. Одним із підходів до розв'язання цих проблем є застосування методів ДЗЗ з використанням космічних технологій, літальних апаратів та наземних польових досліджень. Розвинені країни приділяють цьому напрямку величезну увагу, спрямовуючи на його розвиток десятки мільярдів доларів.

У національних космічних програмах України методам і технологіям ДЗЗ, а також їх практичному використанню відводиться значне місце. У нашій країні в цій галузі послідовно і системно працюють як великі державні організації, так і провідні наукові установи, зокрема Науковий центр аерокосмічних досліджень

Землі ІГН НАН України. Досить широко ці методи застосовують у своїй діяльності й недержавні компанії.

Україна входить до дуже вузького кола країн, які мають повний науково-технічний комплекс зі створення космічних апаратів та засобів їх виведення на орбіту. КБ «Південне» і завод «Південмаш» здатні забезпечити виробництво і запуск українських супутників ДЗЗ, оснащених сучасною високоточною апаратурою. До речі, цей пункт є в Національній космічній програмі, проте його реалізація потребує мільярдних капіталовкладень, на що в нинішній економічній ситуації розраховувати не доводиться. Втім, ми все ж таки сподіваємося, що найближчим часом вдасться запустити вітчизняний супутник ДЗЗ серії «Січ». Бортову апаратуру для нього розробляє київський завод «Арсенал». Знову ж таки, через брак коштів вона, на жаль, поступається найкращим зарубіжним зразкам, але завдяки запропонованим нами методам оброблення інформації можна вдвічі підвищити роздільну здатність знімання, не використовуючи при цьому надзвичайно дорогих матриць.

Є ще одна перспектива для України долучитися до великих міжнародних програм з використанням методів ДЗЗ без значних фінансових витрат. У травні цього року на нараді в Нідерландах світове співтовариство дійшло висновку, що на сьогодні головною проблемою виконання глобальних проектів з вивчення зміни клімату Землі за допомогою космічного знімання є невизначеність і неузгодженість отримуваних даних. Поясню. Нехай ми точно знаємо, якій величині вимірюваного параметра відповідає певний відгук сигналу для пустелі Сахара. Однак, скажімо, для тундри інтерпретація цього параметра буде вже некоректною. Уникнути такої недостовірності можна, створивши в кожній країні, в кожній ландшафтно-кліматичній зоні калібрувально-завіркові полігони. В Україні ми вже організували кілька таких полігонів: Шацький для зони Полісся, Вінницький та Київський для Лісостепу. Був ще Кримський полігон для зони Степу, але тепер ми його переносимо в Миколаївську об-



Директор Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі академік НАН України В.І. Лялько

ласть. І ці роботи слід розширювати, так щоб українські полігони стали складовою міжнародної стандартизованої системи.

— А в яких міжнародних програмах Центр бере участь?

— Значна частина діяльності Центру має міжнародну спрямованість. Ми були першою в Україні науковою установою, яку свого часу прийняли до Європейської асоціації лабораторій дистанційного зондування Землі (EARSeL). Маємо плідну співпрацю з Європейським космічним агентством (ESA), а також з космічними агентствами Росії, США, Німеччини, Франції, Угорщини, Польщі, Білорусі. Наведу лише кілька прикладів. Центр було задіяно у виконанні програми GEOSS-GMES з глобального вивчення Землі. Наші співробітники брали участь у проекті HABIT-CHANGE з дослідження і прогнозування наслідків зміни кліматичних умов у заповідниках Центральної Європи. Маємо дуже тісні й плідні контакти з Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (IIASA). Минулого року було підписано контракт між Центром і Токійським університетом на виконання спільного українсько-японського проекту «Аналіз супутникових даних на площах Фукусіма — Чорнобиль». Японських учених зацікавив наш досвід робіт з космічного моніто-

рингу в зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Нині ми розробляємо аналогічну методику з контролю стану довкілля в зоні відчуження АЕС «Фукусіма-1», складаємо карти ризиків повторного забруднення територій унаслідок можливих пожеж.

— Вадиме Івановичу, чи не могли б Ви розповісти про прикладні розробки вашого Центру.

— По-перше, методи ДЗЗ є незамінними для оцінювання та організації раціонального використання природних ресурсів. Україна має понад 5% світового мінерально-сировинного потенціалу, а за запасами деяких корисних копалин значно випереджає інші країни. Дистанційне зондування дає змогу швидко визначити найперспективніші ділянки для пошуку різних корисних копалин, а потім на них уже організовувати наземні роботи. У нашому Центрі розроблено супутникові технології прогнозування покладів нафти і газу на суходолі. Маємо ми й аналогічні технології для оцінювання запасів родовищ вуглеводнів на морському шельфі, основані на методі виявлення теплових і радіохвильових аномалій. Запропоновані алгоритми оброблення космічних знімків дають можливість майже вдвічі підвищити результативність пошукових робіт. Причому ми апробували їх не лише в Україні, а й у Росії, Туркменії, Об'єднаних Арабських Еміратах. Ми регулярно надаємо рекомендації ПАТ «Укрнафта», ДК «Укргазвидобування», НАК «Нафтогаз України» щодо постановки пошуково-розвідувальних робіт на виявлених нафтогазоносних площах.

На особливу увагу заслуговують розроблені нами способи пошуку підземних водних резервуарів. У всьому світі забруднення наземних джерел питної води призводить до зниження якості водопостачання і постійного зростання видатків на очисні заходи. Тому запаси підземних вод стають стратегічним національним ресурсом.

Багато чого ми можемо запропонувати в інтересах сільського господарства. Це прогнозування врожайності зернових культур, визна-

чення вологості ґрунтів і вологозапасу самих рослин, встановлення кількості гумусу та азотних добрив у ґрунті. На основі аналізу космічних знімків ми надаємо аграріям рекомендації щодо сівозмін, використання добрив, доцільності застосування окремих сортів сільськогосподарських і технічних культур на певних земельних ділянках. Крім того, ми можемо допомогти контролюючим органам у виявленні порушників землекористування. На жаль, у нас не поодинокі випадки, коли одні й ті самі сільгоспугіддя з року в рік засівають, скажімо, соняшником. Потім такі горе-орендарі тікають від відповідальності, залишаючи по собі повністю виснажені ґрунти, на відновлення яких знадобиться багато часу. А такі порушення легко попередити, здійснюючи постійний моніторинг із космосу.

По-друге, багато прикладних розробок Центру спрямовані на вирішення природоохоронних геоecологічних завдань. Ми проводимо оцінювання фітосанітарного стану та пожежонебезпечності лісів, спостерігаємо за розвитком ecологічної ситуації в різних екосистемах, здійснюємо моніторинг прибережних акваторій. Розроблені нами методичні прийоми дозволяють виявляти техногенне забруднення територій важкими металами, встановлювати джерела забруднення водного середовища. Ми виконували роботи з оцінювання геоecологічного стану таких промислових центрів, як Нікополь, Борислав, Київ, Кривий Ріг, і результати було передано в природоохоронні структури міських держадміністрацій.

По-третє, методи ДЗЗ є незамінними для вирішення завдань глобального моніторингу. Цього року ми разом із Києво-Могилянською академією та Гідрометцентром України підготували монографію «Парниковий ефект в Україні: оцінки та соціоекономічні наслідки». Уперше експериментально було визначено основні балансові складові формування парникового ефекту в межах території України та його впливу на зміни клімату. Ми показали, що сільськогосподарські культури видаляють CO_2 з атмосфери не гірше, ніж лісові масиви, роблять значний внесок у зниження ефекту

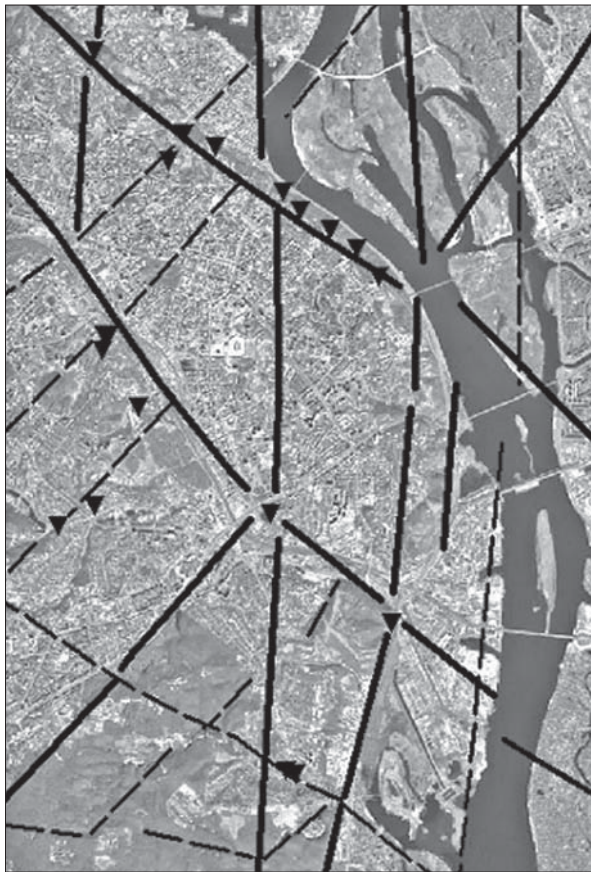


Співробітники відділу аерокосмічних досліджень у геоecології: В.Є. Філіпович, А.Г. Мичак, Л.П. Ліщенко, О.М. Теремко

глобального потепління. У середньому на території України вуглекислого газу викидається майже вдвічі більше, ніж поглинається, але порівняно з багатьма індустриальними країнами це ще непогане співвідношення. Отримавши кількісні показники парникового ефекту, ми провели для України своєрідний аудит, який дає змогу аргументувати виділені нам, згідно з Кіотським протоколом, квоти парникових газів. Крім того, у монографії наведено довготермінові сценарії кліматичних та ecологічних змін на регіональному і локальному рівнях, визначено стратегії адаптації, в тому числі пов'язані з передбачуваною ескалацією природних катастроф.

Ну, і насамкінець слід відзначити використання методів ДЗЗ для спеціальних цілей. Цього року ми запатентували способи виявлення рухомих підводних об'єктів. Аналізуючи супутникові знімки в інфрачервоному діапазоні, за знесенням течіями поверхневого пошукового сигналу або за градієнтом температури в приповерхневому шарі води ми можемо встановити такі об'єкти, навіть якщо вони є малозначними.

— У жовтні цього року в КМДА відбулася нарада з питань відновлення співпраці з



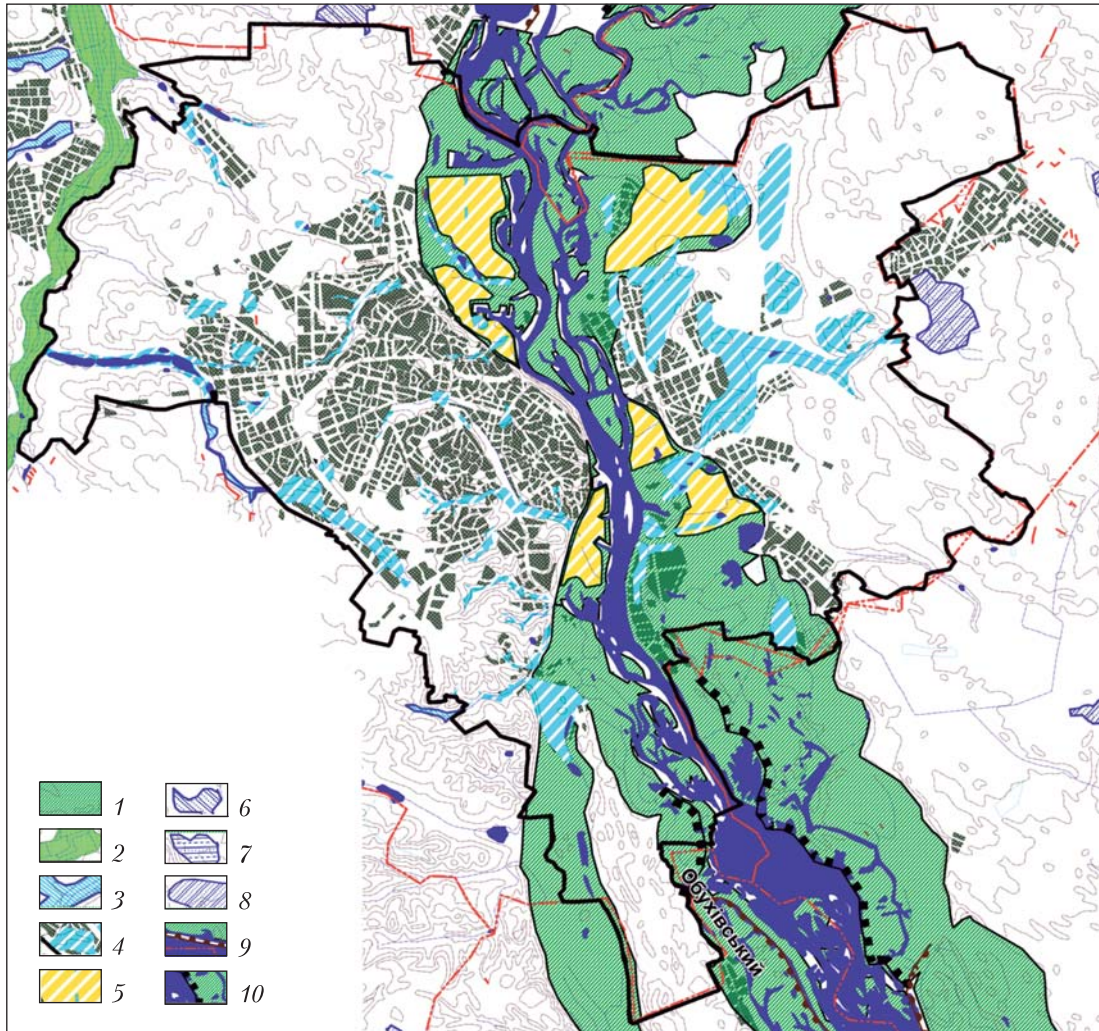
Зони геодинамічної напруги на території міста Києва. Стрілками позначено місця зсувів, що активізувалися навесні 2013 р.

НАН України, на якій Академія запропонувала для потреб міста 230 розробок. Мерія Києва відібрала 11 наукових робіт, які профінансує з міського бюджету в 2015 р. Серед них є й розробка вашого Центру. Цікаво було б дізнатися про неї.

— Так, дійсно, наш Центр брав участь у виставці в КМДА і запропонував виконати дослідження за темою «Визначення розвитку зсувних процесів у м. Києві в режимі моніторингу (з використанням матеріалів дистанційних зйомок)». Докладніше про цю та інші розробки в інтересах міста Києва розповість безпосередній виконавець робіт, завідувач відділу аерокосмічних досліджень у геоecології кандидат геологічних наук **Володимир Євгенович Філіпович**.

— Наш відділ розробляє методології застосування даних ДЗЗ для аналізу екологічного стану урбанізованих територій та визначення тенденцій його змін на основі космічного моніторингу. Головними небезпечними природними явищами, що загрожують комфортному проживанню населення у м. Києві, є зсувні процеси, підйом рівня ґрунтових вод і теплове навантаження міста. Саме моніторинг зсувів найбільш і зацікавив київську адміністрацію.

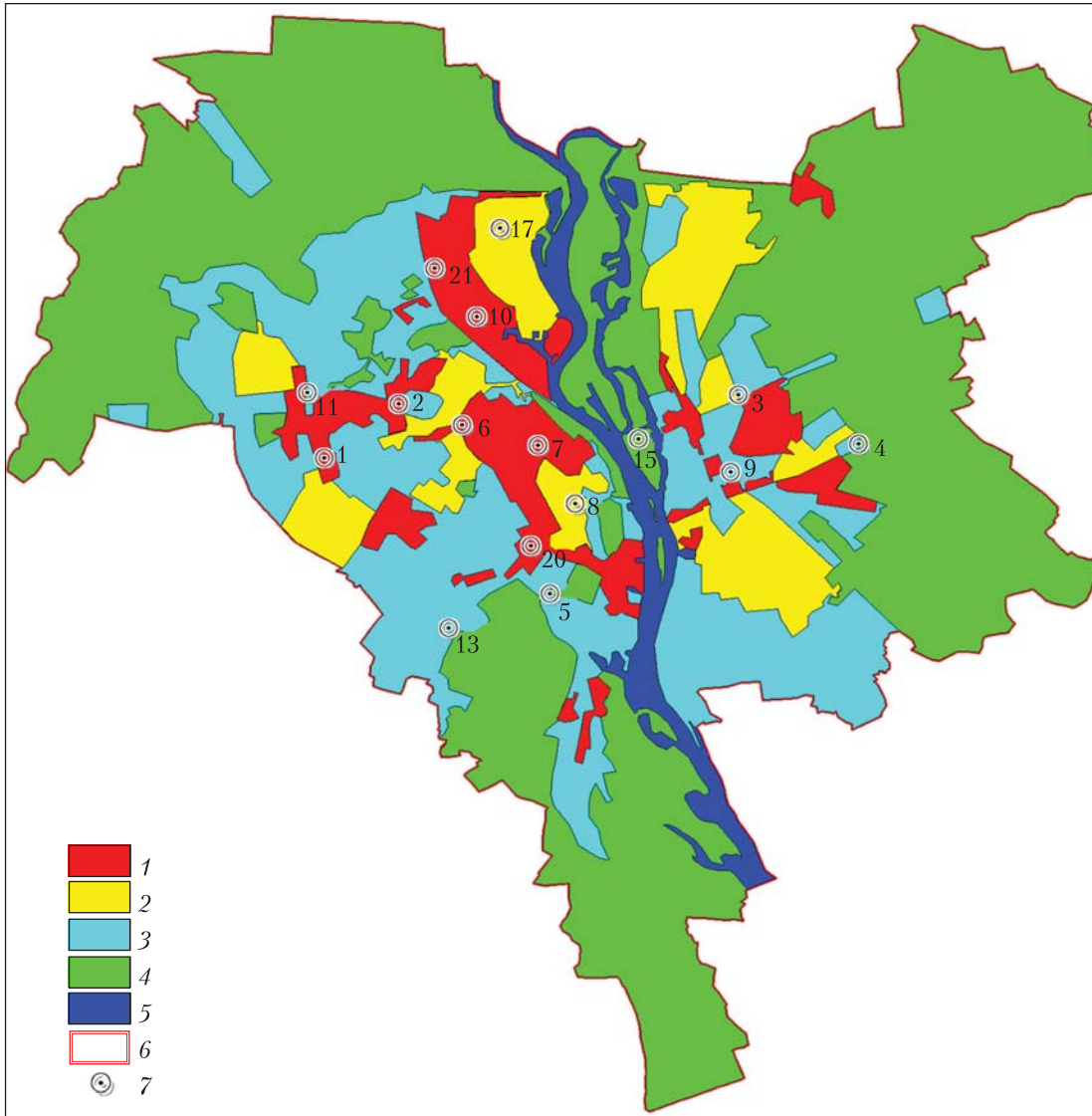
Зсувні процеси на території Києва зумовлені багатоярусною геологічною будовою правобережних схилів Дніпра та врізаних у плато долин малих річок. У місті є понад 130 зсувонебезпечних ділянок загальною площею близько 400 га, які нині підтримує 33 км підпірних стінок. У рамках бюджетної тематики ми побудували картосхеми розміщення геодинамічних зон в узгодженні з ділянками розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів, але для детальнішого моніторингу потрібно використовувати космічні знімки з вищою роздільною здатністю, які надаються на комерційній основі. Результати наших досліджень свідчать, що розвиток зсувів спричинений цілою низкою факторів, серед яких найважливішими є гідрометеорологічні в умовах техногенного впливу. Так, у зв'язку з погодними аномаліями 2013 р. у Києві утворилося 18 нових зсувів навіть на тих ділянках, які до того не викликали занепокоєння. Зсуви — це природне явище. Вони існували і в доантропогенні часи, але нинішня активізація гравітаційних процесів на території міста спровокована масовою забудовою долин малих річок і великих балок. Спостерігається сповзання схилів корінного плато і так званих київських гір (Батієва, Замкова, Багринова, Лиса, Черепанова та ін.) під дією підрізування, порушення дренажу, надмірного навантаження будівлями з великими підземними паркінгами. Наприклад, зведення 22-поверхового будинку і вертолітного майданчика на схилах Дніпра погіршує і без того небезпечну ситуацію в цьому районі. Для стабілізації зсувних процесів на таких ділянках необхідно повністю заборонити великі будівельні роботи будь-якого профілю, удосконалити інженерні методи про-



Карта підтоплення території м. Києва

Умовні позначення:

- 1 – запливи рік 1-го порядку;
- 2 – запливи рік 2-го порядку;
- 3 – днища малих річок;
- 4 – ділянки підтоплення в межах Києва;
- 5 – насипні та намівні ґрунти в межах Києва;
- 6 – ділянки підтоплення на озерно-воднольодовикових поверхнях;
- 7 – ділянки підтоплення на моренно-воднольодовикових поверхнях Правобережжя;
- 8 – ділянки підтоплення в межах низьких терасових рівнів Лівобережжя;
- 9 – дамби захисні;
- 10 – дамби протипаводкові



Карта районування міста Києва за ступенем теплового навантаження

Зони температур земної поверхні міста:

- 1 — максимальні; великі промислові об'єкти, райони зі щільною міською забудовою, території практично без зелених насаджень. Екологічний стан (теплове навантаження) — вкрай незадовільний;
- 2 — високі; масиви житлової забудови із середнім рівнем зелених насаджень. Екологічний стан — незадовільний;
- 3 — помірні; житлові масиви з високим рівнем озеленення території. Екологічний стан — задовільний;
- 4 — низькі; території паркових і лісопаркових зон. Екологічний стан — добрий. По суті, це «легені» Києва;
- 5 — основні водні об'єкти; русла Дніпра та його приток відіграють для міста роль «кондиціонера» — влітку охолоджують, а взимку підігрівують прилеглі райони. Забудова цих територій є недопустимою;
- 6 — межі міста Києва;
- 7 — пости наземного екологічного спостереження

тизсувного захисту, закріпити схили деревно-чагарниковою рослинністю з глибокою кореневою системою.

Мабуть, найбільшою природно-техногенною проблемою Києва є підйом рівня ґрунтових вод (РГВ). Методом ретрокартографії, порівнюючи дані минулого століття з сучасним розташуванням об'єктів, ми показали, як із розвитком міста змінювався баланс ґрунтових вод, поступово підвищувалася зволоженість порід і розширювалися зони підтоплення. Будівництво висотних споруд, підземних паркінгів, метрополітену утворює в руслах малих річок і струмків штучні баражі, які обмежують стікання вод у Дніпро. Спорудження Київського і Канівського водосховищ призвело до постійного підвищення РГВ у районі міста. Якщо в 70-ті роки дзеркало Канівського водосховища закінчувалося південніше Кончі-Заспи, то зараз воно підійшло майже впритул до греблі Київської ГЕС. Відповідно піднявся рівень усіх приток Дніпра, в тому числі Либеді. Інший приклад — забудова Оболоні, яка повністю змінила первинний ландшафт. Наявні там болота, озера, джерела було засипано і заасфальтовано, але ж природні процеси на глибині тривають і рано чи пізно дадуться взнаки. Або, скажімо, у зв'язку з будівництвом гілки метрополітену на Теремки в долині річки Нивка в районі іподрому утворився бараж і розпочався підйом РГВ, що ми бачимо за результатами наших досліджень.

Аналіз космічних знімків дає змогу заздалегідь виявляти аварійні ділянки, оскільки якщо ми спостерігаємо певні гідрологічні зміни на глибині 8 м, то майже напевно можна говорити, що у найближчі 5–6 років наземні будівлі у цій зоні почнуть осідати. Ми визначаємо ареали зон підтоплення на території міста, прогнозуємо їх розвиток і всі матеріали передаємо до відповідних установ та організацій. Так, у процесі підготовки проекту нового Генплану столиці ми надали інформацію про більш як 90 ді-

лянок на території міста, що характеризуються різким підйомом РГВ.

Ще одним напрямом нашої діяльності є вивчення теплового навантаження урбанізованих територій, яке характеризується формуванням так званих «островів тепла», пов'язаних із перепадом приповерхневих температур між центром міста і його периферією. Оброблення та аналіз даних космічного знімання показали, що в районах зі щільною забудовою, у промзонах, над великими транспортними розв'язками спостерігається аномально висока приповерхнева температура, яка значно перевищує максимальні значення, отримані за наземними метеоданими. Моніторинг теплового поля в межах Києва свідчить, що в центральних районах зі зменшенням площі природного ґрунтово-рослинного покриву та ущільненням міської забудови, що утруднює провітрювання території, зростає поверхневий прогрів. Це може спричинити не лише локальні порушення мікрокліматичних умов, а й сприяти зміні клімату на регіональному рівні. Проведене районування території міста за ступенем теплового навантаження дає змогу оцінити загальний екологічний стан Києва і оптимізувати управлінські рішення щодо подальшого розвитку столиці.

За допомогою методів космічного ДЗЗ можна також ефективно вирішувати проблеми, пов'язані з енерговтратами, та контролювати стан теплових мереж і об'єктів інфраструктури міста. Це досить легкий і дешевий спосіб пошуку аварійних ділянок теплових мереж, які можна виявити ще до того, як відбудеться безпосередній прорив труби. Крім того, можна знаходити ділянки міської забудови, які характеризуються підвищеними тепловтратами, а отже, потребують невідкладних заходів з енергозбереження, що дасть багатомільйонну економію бюджетних коштів.

*Розмову вела
Олена МЕЛЕЖИК*