

„накладені” імпульси високоенергетичної дискретної АЕ з великим часом загасання, сформовані в суттєво різні моменти часу від різних джерел АЕ.

Виміряна в імпульсному режимі усереднена групова швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль в крупнозернистому пісковикі була $v_{11} = 0,029 \text{ м/}8 \text{ 23 мкс} \approx 3520 \text{ м/с}$, поперечних хвиль $v_{\perp} \approx 2300 \text{ м/с}$. Враховуючи величину об'ємної густини $\rho = 2,56 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ [3; 5], визначено модуль пружності $E = 31,72 \text{ ГПа}$ та модуль зсуву $G = 13,54 \text{ ГПа}$ крупнозернистого пісковика.

Динамічний та динамотермальний метаморфізм, що накладається на породу, приводить до структурно-механічного перетворення її при різних рівнях тисків та температур в анізотропних полях напружень σ . При температурі $T > 870 \text{ К}$ руйнування зерен відбувається шляхом плавної необмеженої течії, при $T = 870 \text{ К}$ та $P = 10 \text{ кБар}$ мікзернові тріщини перестають виникати. При температурі $T < 870 \text{ К}$ при тисках $P = 2 \text{ кБар}$ формується розгалужена сітка тонких тріщин, що поступово концентруються в смуги, розвиток яких закінчується утворенням в їх площині магістральних тріщин. При більш високих тисках P сухе тертя на порядок вище міцності σ_0 , тому магістральні тріщини являють собою площини суцільного руйнування.

Амплітуда сигналів високоенергетичної дискретної з великим часом загасання АЕ при тріщиноутворенні, яка пропорційна розміру мікротріщин і площі їх розкриття, більша в $\sim 10^4$ разів в порівнянні з неперервною АЕ при русі дислокацій [1; 6]. Перша стадія локального руйнування пісковикі є накопичення незв'язаних мікротріщин першого рівня до критичної концентрації мікротріщин S_{crit} . Потім мікротріщини починають збільшуватися, ініціюючи формування нових тріщин, які утворюють другий рівень. Накопичення тріщин триває доки, поки їх концентрація знову не досягне нового критичного значення S_{crit} , що призводить до виникнення тріщин третього рівня. Таким чином мікротріщини наступного ієрархічного рівня формуються тільки з мікротріщин попереднього. Мікротріщини встигають сформуватися за час, який значно менший ніж інтервал спостереження, що пояснює існування „рівноважної” форми розподілу в нерівноважному стані. Найімовірнішими причинами виникнення мікротріщин є локальні порушення, які виникають у результаті концентрації напружень на обмежених ділянках внаслідок пружної анізотропії мінеральних складових пісковикі. Наслідком цього є розвиток крихких порушень у вигляді тріщин сколювання. Частина таких тріщин утворюється шляхом сповзання структурних дефектів у зону найбільших сколюючих напружень пісковикі σ_1 , який потрапив у поле неоднорідних напружень σ , найбільш поширеними дефектами для кристалів кварцу є газово-рідинні включення [6].

При певних умовах критичною стадією руйнування пісковиків є стадія субкритичного росту мікротріщин з суцільною мікропластичною деформацією ϵ , що локалізована в їх вершинах. При цьому істотно руйнуюча напруження σ_0 та ефективна поверхнева енергія проявляють експоненціальну залежність від температури T . На відміну від випадку крихкого руйнування, який контролюється параметрами дислокаційної мікротечії і характеризується температурною залежністю приведених напружень зсуву σ_1 на відповідних площинах ковзання дислокацій. Дисиплятивні витрати пружної енергії F_{sp} мікротріщини внаслідок руху екрануючої дислокаційної конфігурації в пластичній зоні на стадії субкритичного росту мікротріщини будуть визначати динаміку руху мікротріщини та механізм руйнування пісковикі.

Взаємна кристалграфічна орієнтація площин розповсюдження мікротріщини і ковзання дислокацій, параметри дислокаційної структури, рухомість дислокацій визначають додаткові енергетичні витрати та будуть контролювати процес руйнування пісковикі. Дислокації, як лінійні дефекти кристалічної ґратки, характеризуються своїм полем пружних напружень σ_{tr} , що проявляє екрануючий вплив на локальне поле вершини мікротріщини, який також необхідно враховувати при реалістичному описі процесу динамічного руйнування пісковикі. Аналіз умов формування дислокаційного ансамблю в вершині мікротріщини та вивчення закономірностей взаємодії дислокацій з пружним полем вершини мікротріщини являється ключовим моментом для розуміння механізму руйнування пісковикі, є важливим вплив дислокаційного ансамблю на процес релаксації напружень σ , що зумовлює стабілізацію та динамічне розповсюдження мікротріщин в пісковикі.

Зміна механізму руйнування від пластичного до крихкого є наслідком втрати стійкості квазірівноважної системи „вершина мікротріщини – екрануюча дислокація”. Екрануючі дислокації екрану необхідні для гальмування та зупинки критичних мікротріщин Гріффітса в матриці цементованих осадкових порід. Механізми дислокаційної мікротечії в пружному полі вершин субкритичних мікротріщин σ визначають швидкість протікання дисиплятивних процесів і контролюють процес динамічного руйнування в пісковикі.

Особливості прояву АЕ є важливими для розвитку теорії деформації геологічного середовища, утворення і розповсюдження тріщин, тому необхідні для фізичного обґрунтування використання методу АЕ для здійснення неруйнівного контролю структури цементованих осадкових порід із гранулярною пористістю.

1. Гусев О.В. Акустическая эмиссия при деформировании монокристаллов тугоплавких металлов. - М., 1982. 2. Бездарный Д.А., Шабатура О.В., Лещинко О.В. та ін. Акустична емісія в гетерогенних плагіогенітах при неоднорідному термічному впливі // Вісн. Київ. ун-ту. Сер.: Геологія, 2007. - Вип. 41-42. 3. Александроє К.С., Петровічє Г.Г. Анізотропія пружних властивостей мінералів та горних порід. - Новосибірськ, 2000. 4. Гусев О.В., Карабутов А.А. Лазерная оптоакустика. - М., 1991. 5. Вилжає С.А. Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів. - К., 2004. 6. Беттлдерен В.И., Куликов В.С., Томшин Н.Г. та др. Статистика микротрещин в гетерогенных материалах (граниты) // Физика твердого тела. 2004. - Т. 46. Вып. 10.

ПЕДОМАГНІТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕГАПОЛІСІВ УКРАЇНИ (ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ)

Розглянуто основи концепції урбогеофізичних досліджень. Представлено перші результати педомагнітних досліджень мегаполісів на прикладі Києва та Донецька.

The foundations of the conception of the urban geophysical investigations are considered. The first results of the pedomagnetic investigations of the megapolises are presented on an example of Kyiv and Donetsk.

Постановка проблеми. Економічна потужність та світова соціально-політична вагомість сучасних країн передусім пов'язані з розвитком промислово-виробничим комплексом. Звідси похідні такого виробництва – наявність

крупних міст та мегалопісиса з потужною ланкою промисловості, енерговиробляючої та енергозабезпечуючої периферії, мереж відводних транспортних артерій та їх навантаження на оточуюче середовище і т. д. Осередками важкої промисловості часто є потужні мегалопісиса, що формуються навколо тих чи інших видобувних і переробних комбінатів або центрів геополітичної активності країни. Отже, виникає необхідність дослідження саме екологічної ситуації даних центрів.

За даними міжнародної екологічної групи Blacksmith Institute – Чорнобиль отруєно життя 5,5 млн. людей та входить до топ-10 міст з найвищим рівнем забруднення, а найбільшим мегалопісисом до чорнобильської зони є місто Київ. В роботі [1] С. А. Вижва та М. Н. Жуков відзначають кризовий стан столиці України в контексті забруднення та руйнування довкілля. Останнє в першу чергу проявляється за рахунок вмісту понад нормами в атмосферному повітрі диоксиду азоту, збільшення концентрацій свинцю, сірководню, пилу і т. д. До загрозливого стану призводить катастрофічне зростання автотранспорту, а отже й його викидів в атмосферне повітря. В роботі [2] М. В. Рева зі співавторами підкреслюють загрозливість впливу радіоактивного, геохімічного забруднення та забруднення нафтопродуктами на довкілля та пропонують методи залучення екогеофізики для розв'язання поставлених завдань.

Широке застосування геофізики в цілому та магнітометрія, зокрема, знайшли явраз при екологічних дослідженнях. Вивчається ґрунтовий покрив забруднених територій, напрямки розповсюдження та носії відводного забруднення [3-5]. Геофізичні, у т. ч. магнітні та педомагнітні екологічні дослідження на територіях великих міст та мегалопісиса раніше були названі урбогеофізичними дослідженнями [6]. Урбогеофізика – це низка геофізичних методів та підходів, що спрямовані на вирішення завдань дослідження екосистем міст, форм та способів їх забруднення, вивчення фізичних та хімічних полів, що створюються природними та штучними джерелами в процесі багатифункціональної діяльності людини. Так, V. Shilton [7] досліджував магнітні властивості пилу з вулиць урбанізованих регіонів на прикладі міста Вест Мідленд (Велика Британія) й відзначив, що магнітні вимірювання розкривають основні види урбозабруднення. В той же час, подібні роботи з вивчення магнетизму та геохімічних властивостей частинок, що забруднюють атмосферне повітря, виконувалися групою дослідників на чолі з J. Song та J. Dearing в Шанхаї, Китаї [8]. Нарешті, загрозливий вплив забруднення свинцем та іншими отруйними речовинами на людей, в тому числі й дітей відзначає В. Maher [9]. Вміст зазначених токсичних речовин на листках дерев, що ростуть вздовж автошляхів ідентифікується за допомогою магнітного та елементного аналізу.

Методика робіт. Методика виконаних педомагнітних досліджень територій мегалопісиса включала визначення найбільш забруднених та відносно чистих з екологічної точки зору територій в межах мегалопісиса України. На їх територіях проводилися польові визначення магнітної сприйнятливості за допомогою польового капетраметра КТ-5, відбір зразків ґрунтового покриву з верхніх ґрунтових горизонтів. В лабораторних умовах визначалися величини питомої магнітної сприйнятливості (χ) за допомогою лабораторного капетраметра KLY-2 та двочастотного вимірювача магнітної сприйнятливості MS-2. Матеріали визначення рН та вмісту важких металів в зразках ґрунтів були надані нам О. Савицькою (географічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка).

Об'єкти досліджень. Об'єктами досліджень за даних умов стають ті природні формації, що найбільш інтенсивно акумулюють в собі забруднюючі речовини. Таким об'єктом є, перш за все, ґрунтовий покрив [10].

Справді, у міському середовищі, як і в природних ландшафтах, ґрунти є одним з чотирьох компонентів екологічної системи: повітря – вода – ґрунтовий покрив – рослинність, які необхідно досліджувати засобами урбогеофізики. Міський ґрунтовий покрив є одним з найважливіших об'єктів дослідження при виконанні урбогеофізичних робіт. Проте, ґрунти міста фактично не є ґрунтами в класичному розумінні (наприклад, за Докучаєвим). Незабруднені ґрунти в умовах міста збереглися лише на територіях лісопаркових зон. В інших місцях розповсюджений специфічний тип ґрунтового покриву, який пропонується називати урбоземами [11]. Урбоземами – це генетично самостійні ґрунти, що характеризуються рисами як природних ґрунтів, так і специфічними властивостями. Профіль міського ґрунту часто зростає вгору за рахунок напilenня або антропогенного накопичення матеріалу, в структурі ґрунту спостерігаються урбоантропогенні включення (сміття, техногенні відходи). Зокрема, магнетизм ґрунтів урбанізованих регіонів Непалу досліджували P. Gautam [12]. Відзначається, що осадки накопичені в ґрунтах та приляжовому ліпу демонструють значимі контрасти магнітної сприйнятливості.

Поряд із зазначеними вище об'єктами урбогеофізичних досліджень є й інші, наприклад такі, що генерують різноманітні аномальні фізичні поля навкрити місця існування людини у мегалопісисі (теплові, радіаційні, електромагнітні поля). В містах спостерігаються такі джерела інформування: антропогенні (житло, асфальтове покриття, медичні процедури), техногенні – найбільш небезпечні (промислові та військові підприємства, науково-дослідні інститути, медичні заклади), вторинні джерела забруднення – місця поховання відходів, прилади, вторинних продуктів.

Отримані результати. Перш реконструювали результати продемонструємо для міст Київ та Донецьк. Столиця України місто Київ є потужним мегалопісисом з розвиненою і надзвичайно переважаною сіткою автомобільних доріг. На території міста сконцентровано велику кількість промислових підприємств, в тому числі хімічної промисловості, теплоелектростанцій, потужна мережа каналізації, тощо. Значний також радіаційний потенціал передмість Києва. Територія міста була розбита на кілька ключових ділянок, враховуючи особливості геоекологічного навантаження на ландшафти міста. В їх місцях було досліджено ґрунтовий покрив, вивчено його магнітну сприйнятливості, елементний склад та проведено кореляцію між цими параметрами. Співставимо розподіл магнітної сприйнятливості ґрунтів зеленої зони Києва з концентрацією в них же зразках важких металів. Зручність всього зробити це на прикладі свинцю (Pb), міді (Cu) та цинку (Zn), які зазвичай є індикаторами хімічної забрудненості великих міст та промислових регіонів і відзначаються значними коливаннями їх вмісту в межах зеленої зони Києва. Позитивна кореляція магнітної сприйнятливості ґрунтів та вмісту в них деяких важких металів може пояснюватися наявністю загальною чинника, який стимулює підвищення обох зазначених параметрів. Найбільш імовірно, що таким чинником є концентрація фізичної глини, яка акумулює важкі метали та власне магнітні речовини. Перевірка такої гіпотези має бути предметом окремого дослідження.

Результати ландшафтно-геохімічних досліджень вказують на відсутність високого ступеня зараження ґрунту по території міста Києва важкими металами, проте ілюструють значне перевищення зонального природного фону (для міді в 4 рази, цинку в 5 разів, свинцю в 6 разів). В зв'язку з помітною тенденцією до зростання зазначених вище показників, а отже появи безпосередньої загрози для екологічного стану навколишнього середовища вже зараз неб-

хідними є профілактичні заходи по упередженню забруднення території м. Києва сполуками важких металів. При цьому більш експресна каламетрія може швидко оцінити критичні ділянки для детального вивчення, в тому числі і в режимі екогеоімічного моніторингу. В таблиці 1 приведені дані кореляційних залежностей між величинами магнітної сприйнятливості дослідженої колекції ґрунтів основних ключових ділянок та вмістом в них важких металів (мідь, свинець, цинк), які можна використовувати при таких роботах. Як видно з цієї таблиці найвищі коефіцієнти кореляції між магнітною сприйнятливістю та свинцем, магнітною сприйнятливістю та міддю, дещо нижчі для цинку. На рис. 1 приведена регресійна залежність між вмістом свинцю та магнітною сприйнятливістю для Конча-Заспинської ключової ділянки.

Таблиця 1. Коефіцієнти кореляції між магнітною сприйнятливістю та вмістом важких металів в ґрунтах Київщини

Ключові ділянки	Досліджені важкі метали		
	Cu	Zn	Pb
Конча-Заспинська	0,5	0,9	0,9
Києво-Дніпровська	0,8	0,7	0,8
Дарницька	0,3	0,9	0,4
Святотошино-Пуща-Водизька	0,8	0,6	0,6
Гололівська	0,5	0,9	0,9

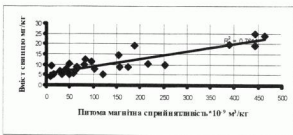


Рис. 1. Регресійна залежність між χ та Pb на прикладі міста Київ, Конча-Заспинська ключова ділянка

Таким чином, нами виявлена залежність між величиною магнітної сприйнятливості досліджуваних зразків ґрунтів та концентрацією в них важких металів, як індикаторів екологічної забрудненості столичного міста. Підвищення значень магнітної сприйнятливості в ряді випадків відповідає росту концентрації свинцю, міді та цинку в ґрунтах. Найвищі коефіцієнти кореляції між χ та важкими металами виявлено на територіях Києво-Дніпровської, Гололівської та Конча-Заспинської ключових ділянок. Даний факт може пояснюватися як природними ґрунтоутвірними процесами, так і впливом антропогенного та техногенного навантаження на дані ділянки Київського регіону.

Іншим осередком потужної промисловості є місто Донецьк. В межах міста були досліджені магнітні властивості ґрунтового покриву на територіях основних промислових районів міста. ґрунтовий покрив є близьким до чорноземного, проте фактично являється урбаноземом. Відповідний розподіл приведено на рис. 2.

Величини магнітної сприйнятливості ґрунтів для усієї вибірки перевищують фонові значення природного магнетизму ґрунтового покриву в 2-50 разів. Даний факт свідчить про цілковиту магнітну зараженість ґрунтових покривів м. Донецьк. Очевидним є факт необхідності проведення подальших досліджень з метою виявлення можливих залежностей між змінами магнітних властивостей та власне концентрацією небезпечних речовин, залучення інших об'єктів для дослідження засобами урбогеофізики. Стосовно попередніх результатів за аналізом колекції ґрунтів даної вибірки, то найменші значення магнітної сприйнятливості (перевищення лише в декілька разів порівняно з незараженими типами ґрунтового покриву) зафіксовані в Ленінському р-ні (вул. Пінтера) та Будионівському р-ні (вул. Засулч). На територіях решти досліджених ділянок в різних районах Донецька (Київський, Калінінський, Ворошилівський, Пролетарський, Кіровський р-ни) фіксується підвищення магнітної сприйнятливості в 10-20 разів. Найбільш екстремально високі значення магнітної сприйнятливості на території міста Донецьк нами відмічено у Ленінському р-ні (пр. Ленінський) та Куйбишевському р-ні (вул. 60-річчя СРСР та вул. Югославська). При цьому найсуттєвіші аномалії зафіксовано в межах заводу хіміреактивів – підвищення значень магнітної сприйнятливості в 50 разів (до $8000 \cdot 10^9 \text{ м}^2/\text{кг}$).

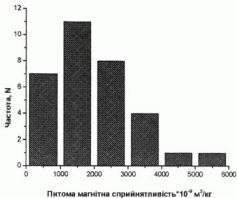


Рис. 2. Гістограма розподілу питомої магнітної сприйнятливості в досліджених ґрунтах міста Донецьк

Таким чином, для території міста Донецьк, враховуючи аномальні магнітні показники, рекомендовано системно проводити комплексні екогеофізичні та екогеохімічні дослідження з метою виявлення границі відповідних ареалів, видів забруднення та з'ясування джерел забруднення небезпечними для життєдіяльності елементами та хімічними сполуками. При цьому першим етапом таких робіт має бути крупномасштабне екодедоманітне картування території міста, основної його соціальної інфраструктури.

Висновки. Швидкісним, експресним та якісним методом моніторингу екологічного стану ґрунтових покривів міста може стати магнітний метод. Останнє підтверджується результатами отриманими нами вже на початковому етапі урбогеофізичних досліджень. Хімічне та промислове забруднення на території металопісів України відбивається у змінах магнітної сприйнятливості, яка в свою чергу корелюється з вмістом важких металів в ґрунтовому покриві. Враховуючи той факт, що ріст забруднення ґрунту, атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод важкими металами безпосередньо впливає на стан здоров'я населення, авторами пропонується розпочати широкомасштабні урбогеофізичні дослідження на територіях найбільш техногенно-забруднених та потенційно-небезпечних населених пунктах України.

1. Віжика С.А., Жуке М.Н. Стан природного та історичного середовища Києва. До концепції розвитку столиці // Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. VIII міжнар. наук. конф. Київ, 2007. 2. Рева М.В., Овчужко В.І., Михаленко Л.І., Овчужко І.І. Екогеофізичне вивчення техногенного впливу на довідці // Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. VIII міжнар. наук. конф. Київ, 2007. 3. Evans M.E., Heller P. Environmental magnetism. Principles and Applications of Environmental Magnetism. – International Geophysics series, v. 86, Elsevier science (USA), 2003. 4. Deering J.A., Dann R.J.L., Hay K., Lees J.A., Loveland P.J., Maher B.A., Grady K.O. Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials // Geophys. J. Int. 124, 1996. 5. Jekeliška M., Hasso-Agoposovics A., Korciewicz B., Sukhorada A., Tyatina K., Kędziako-Hafmoki M., Malvišvina Z. Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine. Geophys. J. Int. 2004. 6. Мейсодж О.І., Сухоград А.В. Урбогеофізика в Україні. Стан проблеми // Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. VIII міжнар. наук. конф. Київ, 2006. 7. Shilton V.P., Booth C.A., Smith J.P., Glass P., Mitchell D.J., Williams C.D. Magnetic properties of urban street dust and their relationship with organic matter content in the West Midlands, UK // Atmospheric Environment, 2005, v. 39, Magnetic properties of urban street dust and their relationship with organic matter content in the West Midlands, UK // Atmospheric Environment, 2005, v. 39, issue 20, p. 3651-3659. 8. Shu J., Deering J., Morse A., Yu L., Yuan N. Determining the sources of atmospheric particles in Shanghai, China, from magnetic and geochemical properties // Atmospheric Environment, 2001, v. 35, issue 15. 9. Maher B.A., Moore C., Matzka J. Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves // Atmospheric Environment, 2008, v. 42, issue 2. 10. Sukhorada A., Menshov A. Magnetic properties of the typical Ukraine soils. Results of the investigations // Journal of the Balkan Geophysical Society, Vol. 8, 2005. 11. Почва, город, экология / Под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. – М., 1997. 12. Gautan P., Blaha U., Appel E., Neupane G. Environmental magnetic approach towards the quantification of pollution in Kathmandu urban area, Nepal // Physics and Chemistry of the Earth, 2004, v. 29, issue 13-14.

Надійшла до редакції 13.02.08.

УДК 551.3:550.83

Д. Чомко, канд. геол. наук, О. Крамаренко, канд. геол.-мін. наук, Мох'д А.Тх. Маджалі, асп.

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДУ ПРИРОДНОГО ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ В ОБЛАСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На реальних прикладах показано, що достатньо ефективним методом дослідження напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій є метод імпульсного електромагнітного поля Землі (ІЕМПЗ)
It is rotined on the real examples, that by the effective enough method of research tensely deformed there is a method of the impulsive electromagnitic field of Earth the state of constructions

В процесі розробки проектів для будівництва, реконструкції та експлуатації будівель, споруд, напірних трубопроводів, дорожніх розв'язок на перетині автомобільних доріг із залізничними коліями та інженерними комунікаціями, дорожнього насилу, автотунелів, тунелів, підірваних стін і інших штучних споруд, при дослідженні напружено-деформованого стану системи ґрунтова основа – конструкція'вкрай необхідно виявляти аномальні зони стискування і розтягування. Особливо це актуально в складних інженерно-геологічних умовах, де розвинені карстові, зсувні та селєві процеси, в зонах підвищеної сейсмічності і тектонічної роздробленості порід, на приривкових ділянках скілів, на території широкого розвитку ґрунтів із специфічними властивостями (набухачих, просадочних і слабких).

© Д. Чомко, О. Крамаренко, Мох'д А.Тх. Маджалі, 2008