

ГЕОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

Е. Я. Жовинський¹, Н.О. Крюченко¹, О.А. Жук¹, В.Р.Клос²

*1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, просп. акад. Палладіна, 34, м. Київ, Україна*

*2 – Український науково-виробничий центр геохімічних досліджень. ДП “Українська
геологічна компанія”, м. Київ, Україна*

Викладено результати літо- та біохімічних досліджень міських агломерацій з метою виділення територій екологічного ризику. Проаналізовано вміст радону у підґрунтовому повітрі і підвалах будівель Печерського району м. Київ, що знаходяться в межах зон тектонічних порушень. За результатами дослідження вмісту радону виділена територія, віднесена до зони екологічного ризику (перетин бульвару Дружби Народів і вулиці Мічуріна). Дослідження зразків проб ґрунту за допомогою мікрозондового аналізу (растровий електронний мікроскоп) дали змогу встановити природу походження техногенних геохімічних аномалій (за наявності оолітової структури мікрочасток ґрунту вона є аерогенною). Визначення вмісту хімічних елементів у різних видах та частинах рослин (стебла багаторічних злаків, листя липи та берези) міських агломерацій показало, що стебла багаторічних злаків є ефективними індикаторами щодо забруднення атмосфери та ґрунту Mo, Pb, Sr, Zn.

Ключові слова: екологічний ризик, поверхневі відклади, радон, біохімічні індикатори, хімічні елементи.

Вступ. До зон екологічного ризику відносять території проживання, де навколишнє середовище, а саме його природні чи техногенні особливості можуть негативно впливати на стан здоров'я людини [1]. Одним із природних факторів є наявність розривних порушень у земній корі, уздовж яких до поверхні надходять потоки ювенільних флюїдів і відбувається інтенсивний вертикальний водогазообмін [2]. На цих територіях спостерігається підвищений вміст хімічних елементів (F, As, Rn, Hg та ін.), що утворюють літохімічні аномалії. Факт формування таких радонових аномалій став теоретичною основою застосування еманційної зйомки для картування розривних порушень на закритих площах [3]. У 1970-ті роки був встановлений прямий зв'язок між інтенсивністю радонових аномалій та геодинамічними процесами в зонах розломів. Серед впливу техногенних факторів найважливішим є забруд-

нення навколишнього середовища внаслідок технологічних процесів. Унаслідок природного чи техногенного забруднення навколишнього середовища до організму людини може надходити широкий спектр хімічних елементів, більшість із яких має здатність до накопичення.

Мета дослідження: визначення можливості застосування геохімічного підходу до оцінки екологічних ризиків на прикладі даних випробування ґрунтів, підґрунтового повітря, рослинності мегаполіса на прикладі міст Київ, Житомир, Бориспіль.

Методи досліджень. Виконано польові дослідження з відбору проб поверхневих відкладів (300 проб), підґрунтового повітря та повітря підвальних приміщень (100 проб), рослинності (120 проб). Концентрація радону у підґрунтовому повітрі і повітрі підвалів визначено за допомогою приладу “Альфарад плюс-РП”; вміст хімічних елементів у поверхневих відкладах та рослинності на мас-спектрометрі з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) та за допомогою методу кількісного спектрального аналізу в Інституті геохімії,

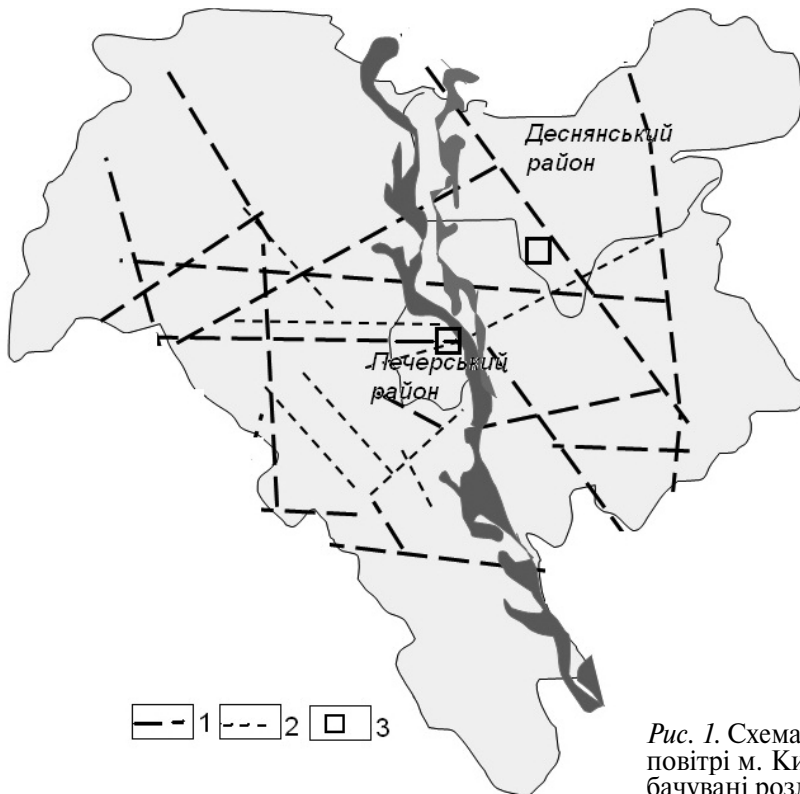


Рис. 1. Схема відбору проб радону у підґрунтовому повітрі м. Київ. 1 – виявлені розломи, 2 – передбачувані розломи, 3 – ділянки досліджень

мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

Результати і обговорення. Природні зони екологічного ризику розглянуто й охарактеризовано за надходженням радону у підґрунтове повітря і підвали будівель у зонах тектонічних порушень. Відомо, що основне надходження радону в житлові приміщення відбувається з ґрунту під будівлею, тому проведення даних досліджень є необхідним етапом перед забудовою.

Радон утворюється в надрах землі у результаті розпаду урану, різна кількість якого входить до складу всіх видів гірських порід. Потік радону з ґрунту визначають два процеси: вихід із твердих мінеральних зерен у пори, наповнені повітрям – еманування; та надходження через пори ґрунтів в атмосферу. Небезпекою підвищеного вмісту радону є іонізувальне випромінювання, якому піддається населення [3].

Першим етапом досліджень був аналіз геохімічної поведінки радону у зоні перетину тектонічних порушень і поза ними (рис. 1). Територія досліджень, яка знаходиться у зоні впливу тектонічних порушень за адміністративним поділом належить до Печерського району (Печерська ділянка), обмежується такими вулицями – з півночі: Верхня та Перспективна, зі сходу: Мічуріна і Тимирязівська, з півдня – залізничне шосе, та з заходу –

Анрі Барбюса та Велика Васильківська. Територія, яка знаходиться у тектонічно спокійній зоні – за адміністративним поділом знаходиться у Деснянському районі (Лісовий масив): проспект Лісовий – вул. Волкова (Деснянська ділянка) (рис. 2).

На території Деснянської ділянки об’ємна активність радону у підґрунтовому повітрі становить (45 проб), Бк/м³: 60 % проб – до 20, 25 % проб – 20–30, 15 % проб – 30–40; на території Печерської ділянки (55 проб), Бк/м³: 30 % проб – до 20, 20 % проб – 20–40; 20 % проб – 40–60, 30 % проб – 60–120.

На території Деснянської ділянки ситуація за вмістом радону у підґрунтовому повітрі є сприятливою – до 40 Бк/м³, тоді як на території Печерської ділянки у 30 % проб значення сягає 60–120 Бк/м³. Потрібно враховувати, що підґрунтове повітря з підвищеним вмістом радону відібрано поблизу будівель, де постійно проживають люди, що

Забруднення рослин в межах техногенних ореолів розсіювання, мг/кг

Хімічний елемент	Поверхневі відклади	Стебла багаторічних злаків	Листя	
			липи	берези
Mo	1,5	4,8	1,4	1,3
Pb	38	49	40	28
Sr	737	300	425	385
Zn	119	102	57	116

безпосередньо може чинити негативний вплив на стан їхнього здоров'я. У осіб, які протягом тривалого часу перебувають в атмосфері з відносно високим вмістом радону і продуктів його розпаду, збільшується кількість захворювань на рак легень, несприятливих генетичних ефектів і патологічних порушень стану системи кровотворення. В цілому, в обстежених підвальних приміщеннях (зокрема не провітрюваних) формуються умови, сприятливі для накопичення радіоактивного газу в значних кількостях (понад 150 Бк/м³).

Візуалізація просторового розподілу радону у підґрунтовому повітрі (рис. 3) дає змогу окреслити зону екологічного ризику.

Підвищений вміст радону негативно впливає на здоров'я населення, тому за показниками сані-

тарно-епідеміологічної служби його вимірювання є обов'язковим. Окреслена територія (перетин бульвару Дружби Народів і вулиці Мічуріна), де вміст радону у підґрунтовому повітрі учетверо перевищує фоновий, є зоною екологічного ризику.

У багатьох країнах (Греція, США, Китай, Австралія та інші) ділянки під житлове будівництво обов'язково досліджують на предмет радонової небезпеки [4], вивчають можливі джерела і шляхи надходження радону в раніше побудовані будинки. У нашій країні такої практики не існує.

Окрім природних шляхів надходження хімічних елементів у об'єкти довкілля ми розглянули і деякі техногенні. Визначення природи техногенних геохімічних аномалій у поверхневих відкладах міст Житомир та Бориспіль виконано зі застосу-

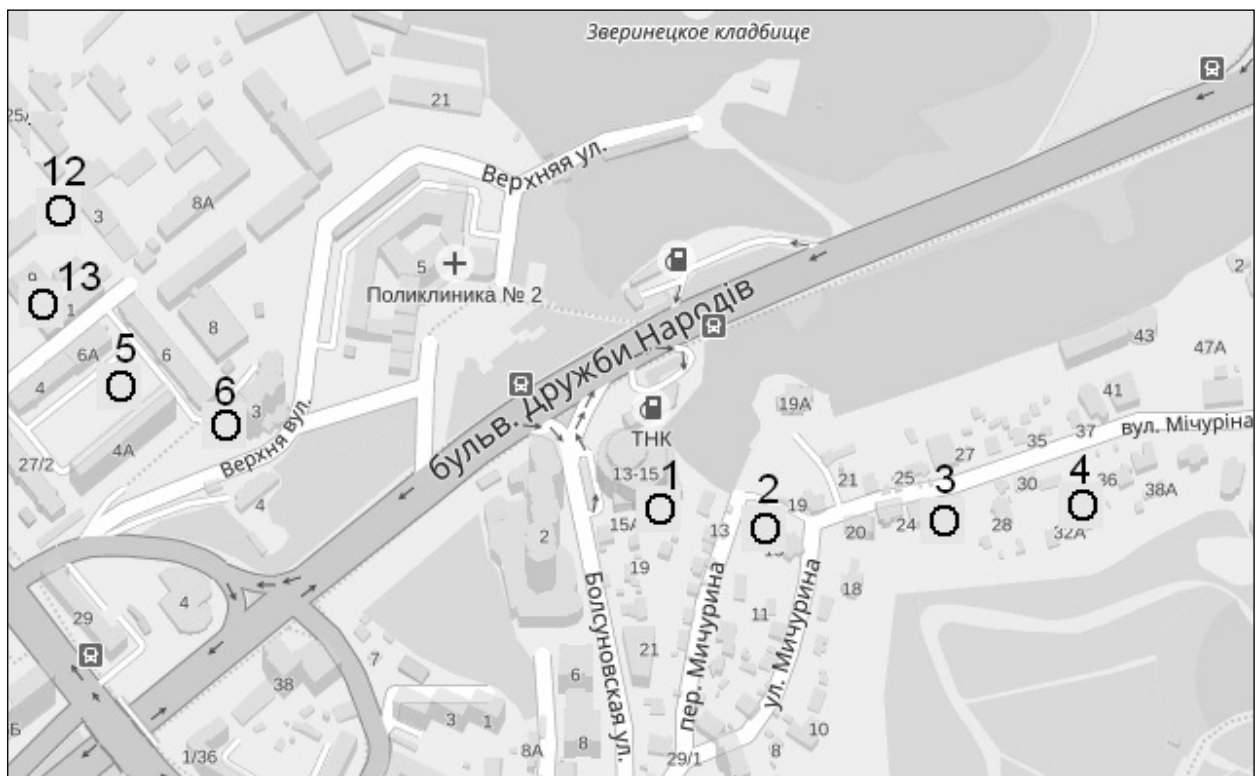


Рис. 2. Схема відбору проб радону у підґрунтовому повітрі Печерської ділянки м. Київ

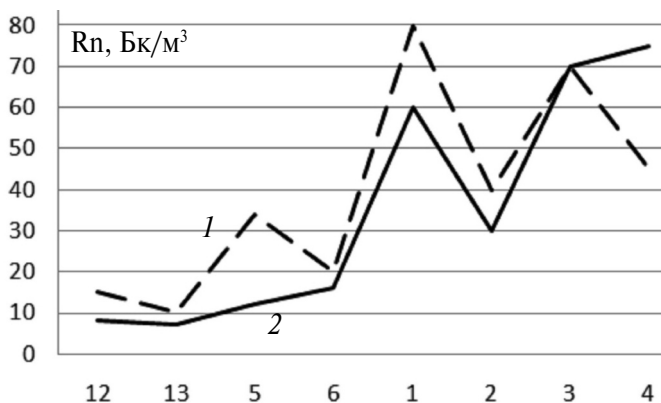


Рис. 3. Графік розподілу концентрацій радону у підґрунтовому повітрі та повітрі підвалів Печерської ділянки м. Київ (вісь абсцис – номери проб згідно з рис. 2): 1 – підґрунтове повітря; 2 – повітря підвалів

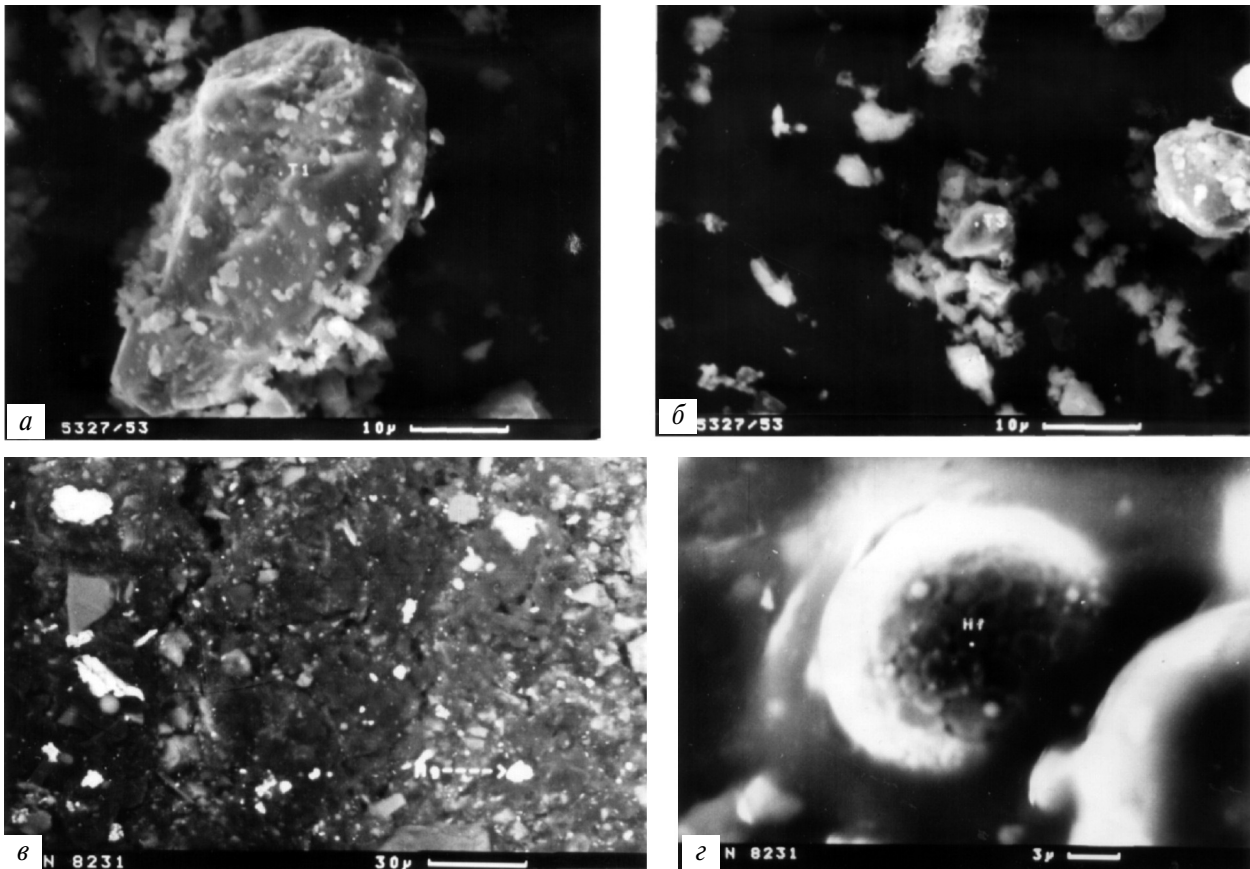


Рис. 4. Збільшений вигляд мікрочасток у пробах поверхневих відкладів із небезпечним рівнем забруднення. Механічне забруднення (м. Житомир, звалище сміття): а – зерно целестину, б – зерно бариту; аерогенне забруднення (м. Бориспіль, районна лікарня): в – мікрочастки срібла, з – оксид міді

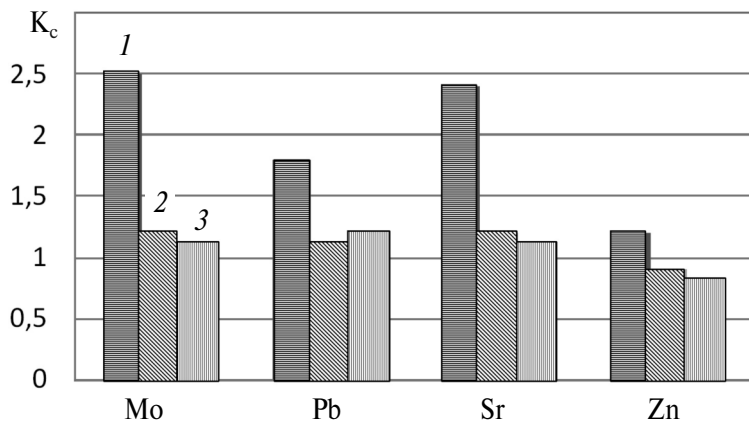


Рис. 5. Коефіцієнт концентрації відносно фонового (K_c) Mo, Pb, Sr, Zn у стеблах злаків (1), листі липи (2) та берези (3)

ванням електронно-мікроскопічного та мікронзондового методів аналізу.

Пробу № 5327 (м. Житомир, валовий вміст у пробі Sr – 10000 мг/кг, Ba – 2000 мг/кг) відібрано в районі неорганізованого звалища сміття з небезпечним рівнем забруднення. Точка опробування – епіцентр аномалії $Sr_{66}-Ba_{6,6}$ (цифра вказує перевищення вмісту відносно фонового). За допомогою рентгеноструктурного аналізу встановлено, що проба складена кварцом, кальцитом, польовим

шпатом, слюдою та органічною речовиною. Хімічний аналіз підтвердив результати фазового рентгеноструктурного аналізу, %: SiO_2 – 31,1, CaO – 30,98, Al_2O_3 – 3,44, $Fe_{заг}$ – 2,33, SO_3 – 2,25, MgO – 0,88, K_2O – 0,8, Na_2O – 0,3, P_2O_5 – 0,3, TiO_2 – 0,16, MnO_2 – 0,1, органічна речовина – 25,5 % (сума – 99,73 %).

Дослідження зразка на растровому електронному мікроскопі з мікронзонданалізом дало змогу визначити в його складі целестин, %: Sr – 52,1,

S – 25,4, Ba – 3,5, Ca – 0,6 (рис. 4, а) і барит, %: Ba – 50,9, S – 18,9, Sr – 12,5, Si – 2, Ca – 0,3 (рис. 4, б), які є відходами заводу лабораторного скла. Тобто забруднення поверхневих відкладів пов'язане із механічним їх забрудненням відходами виробництва і оцінено, як забруднення віддаленого екологічного впливу.

Аерогенну природу епіцентрів центральної ділянки забруднення м. Бориспіль (районна лікарня) також підтверджують електронно-мікроскопічні та мікрозондові дослідження. В літохімічній пробі № 8231 визначено такий валовий вміст елементів, мг/кг: Ag – 1, Cu – 200, Zn – 300, Hg – 0,28, Pb – 100, Fe – 1500. У ній наявні мікрочастинки (5–10 мікрон) металічного Ag (рис. 4, в) та оксидів Cu (рис. 4, г). Форма цих часток також округла, ізометрична з оолітовою структурою поверхні.

Рослинність. У ході дослідження впливу промислових викидів на рослинність важко відділити хімічні елементи, які рослини поглинають у процесі росту, від елементів, які надходять із атмосфери та механічно забруднюють їхню поверхню. Нами було обстежено ряд фітооб'єктів із лісостепової біокліматичної зони України (в середньому, 25–30 зразків одного виду рослинності), які підлягали техногенному впливу [5]. Mo, Pb, Sr, Zn є індикаторами техногенного впливу різних галузей промисловості, тому основну увагу було зосереджено саме на них: у межах техногенних ореолів розсіювання проаналізовано вміст цих металів у стеблах багаторічних злаків, листі липи та берези (таблиця).

Розрахувавши коефіцієнт концентрації вказаних елементів відносно фонового вмісту ми встановили, що стебла багаторічних злаків накопичують максимальну кількість Mo, Pb, Sr, Zn і є ефективним індикатором техногенного навантаження на території досліджень (рис. 5).

Рослини є дуже чутливими до забруднення: перевищення фонового вмісту у два і більше разів свідчить про наявність зони екологічного ризику,

зважаючи на те, що забрудненим є й ґрунт (з якого у рослини переходять рухомі форми металу). Стебла багаторічних злаків є найбільш розповсюдженим фітооб'єктом на території міст, тому доцільно виконувати аналіз еколого-геохімічного стану територій саме за цією рослиною.

Висновки. Геохімічні аспекти визначення територій екологічного ризику розглянуто з позицій природного та техногенного генезису забруднень. Природні зони ризику, пов'язані з надходженням радону у підґрунтове повітря і підвали будівель у зонах тектонічних порушень, охарактеризовано на прикладі Печерського району м. Київ. Встановлено, що у підвалах багатоповерхових будинків, побудованих в останні десятиліття (1980–2013), еманції радону не перевищують 12 Бк/м³, що пояснюється надійними умовами ізоляції та провітрювання. Це перешкоджає накопиченню в них елементу.

Максимальні еманції зафіксовано у будинках приватного сектору – 75 Бк/м³. Виявлена зона екологічного ризику (перетин бул. Дружби Народів і вул. Мічуріна), де вміст радону у підґрунтовому повітрі учетверо і більше перевищує фоновий.

Доведено, що структура мікрочастинок поверхневих відкладів дає змогу встановити генезис техногенного забруднення. Виявлено природу походження техногенних геохімічних аномалій, а саме: визначено, що за наявності оолітової структури техногенних частинок у ґрунті аномалії мають аерогенну природу.

Біогеохімічне дослідження стебел багаторічних злаків і листя поширених у місті дерев (липи та берези) показало, що стебла багаторічних злаків, які підлягали техногенному впливу є ефективними індикаторами забруднення атмосфери та ґрунту Mo, Pb, Sr, Zn.

Підвищення вмісту металів у два і більше разів може свідчити про наявність зони екологічного ризику, особливо з огляду на те, що забрудненим є ґрунт, з якого рухомі форми металу легко потрапляють у рослини.

Література

1. Алексеев В.А. Экологическая геохимия: [учебник] / В.А. Алексеев. М.: Логос, 2000. 627 с.
2. Основные проблемы радоновой безопасности / И.Л. Комов, Е.А. Кулиш, Э.Я. Жовинский [и др.]. Киев: Логос, 2005. 351 с.
3. Жовинский Э.Я., Крюченко Н.О. Радон в окружающей среде г. Киев и г. Афины. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2007. № 1 (6). С. 32–35.
4. Вступ до медичної геології: у 2 т. За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. Київ: Академпрес, 2010. Т. 2. 448 с.
5. Клос В.Р., Жовинский Э.Я. Биогеохимические индикаторы зон экологического риска городских агломераций. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2014. №1–2 (14–15). С. 8–12.

References

1. Alekseenko, V.A. (2002), *Ekologicheskaja geohimija: [uchebnik], [Environmental Geochemistry]*. Logos, Moscow, 627 p. [in Russian].
2. Komov, I.L., Kulish, E.A., Zhovinsky, E.Ya. (2005), *Osnovnye problemy radonovoi bezopasnosti [The main problems of radon security]*, Logos, Kiev, 351 p. [in Russian].
3. Zhovinsky, E.Ya. and Kryuchenko, N.O., (2007). *Radon v okruzhayushey srede g. Kiev i g. Afinyi [Radon in the environment]*. *Exploration and environmental geochemistry*. Kiev, Ukraine. № 1 (6), pp. 32-35. [in Russian].
4. Rudko, G.I. (ed) (2010), *Vstup do medychnoi geologii. [Introduction to medical Geology]* Akadempres, Kiev, 2010, 2, pp. 448. [in Ukrainian].
5. Klos, V.R. and Zhovinsky, E.Ya., (2014). *Biogeoхимические индикаторы зон экологического риска городских агломераций [Biogeochemical indicators of ecological risk zones of urban agglomerations]*. *Exploration and environmental geochemistry*, Kiev, Ukraine. № 1-2 (14-15), pp. 8-12. [in Russian].

Жовинський Э.Я., Крюченко Н.О., Жук Е.А., Клоз В.Р.

Геохимические аспекты определения территорий экологического риска.

Изложены результаты лито- и биохимических исследований городских агломераций с целью выделения территорий экологического риска. Проанализировано содержание радона в подпочвенном воздухе и подвалах зон тектонических нарушений территории Печерского района г. Киев, в результате чего выявлена зона экологического риска (пересечение бульвара Дружбы Народов и улицы Мичурина). По результатам исследований образцов проб почвы с помощью микронзондового анализа (растровый электронный микроскоп) выявлена природа техногенных геохимических аномалий: при наличии оолитовой структуры – аэрогенная. Анализ результатов исследования различных видов и частей растительности (стебли многолетних злаков, листья липы и березы) городских агломераций показал, что стебли многолетних злаков служат эффективными индикаторами загрязнения атмосферы и почвы Mo, Pb, Sr, Zn. *Ключевые слова:* экологический риск, поверхностные отложения, радон, растительность, химические элементы.

Zhovinsky E.Ya., Kryuchenko N.O., Zhuk O.A., Klos V.R.

Geochemical aspects of certain territories environmental risk.

The results of litho and biochemical studies of urban agglomerations in order to highlight areas of environmental risk. Analyzed radon in soil, air and basements zones of tectonic disturbances territory of Pechersk district of Kiev, with the result that identified environmental risk area (the intersection of the boulevard of Druzhbu Narodov and the street Michurin). According to research samples of soil samples in a scanning electron microscope with microprobe analysis revealed the nature of the origin of man-made geochemical anomaly: if oolite structure - aerogenic. Analysis of the results of studies of various kinds and parts of plants (stalks of perennial grasses, leaves, linden and birch) metropolitan areas revealed that perennial grasses stalks are effective indicators for air pollution and soil - Mo, Pb, Sr, Zn.

Keywords: environmental risk, superficial deposits, radon, vegetation, chemical elements.

Надійшла 20.09.2016.