

УДК 550.42:551.14(477–25)

О.Р. АКІМОВА, молодший науковий співробітник Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна

І.В. КУРАЄВА, д-р геол. наук, завідувач відділу геохімії техногенних металів і аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна

К.С. ЗЛОБІНА, молодший науковий співробітник Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна

ЛІТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І ГЕОХІМІЧНИЙ РОЗПОДІЛ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ І ДОННИХ ВІДКЛАДАХ КИЇВСЬКОГО МЕГАПОЛІСУ

Викладені данні по вивченню розподілу важких металів у воді і донних відкладах Київського мегаполісу. Наведені в статті результати показали, що основними забруднювачами є Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, Ba. Отримані дані по вмісту важких металів в поверхневих водах міста в межах норми і не перевищують ГДК. У донних відкладах переважають псамітові різновиди (80,25 %) з незначними домішками алевритового (15,55 %) та пелітового (3,25 %) компонентів. Забрудненість донних відкладів важкими металами значно перевищує фонові значення.

Ключові слова: донні відкладення, поверхневі води, важкі метали, геохімічне розподілення, гранулометричні фракції, переважаючі фракції, спектральний аналіз.

Довготривале погіршення природного середовища, як наслідок техногенного впливу від людської діяльності, ставить проблему охорони природи в число найбільш актуальних завдань на сучасному етапі.

Інтенсивне використання природних ресурсів призводить до суттєвих геохімічних змін довкілля і фіксується станом водних систем, і особливо однією з основних її складових – донними відкладами. Останні і характеризують значимість та інтенсивність антропогенного впливу на водні екосистеми. Як відомо, хімічний склад донних відкладів дозволяє оцінити ступінь техногенного навантаження на воду, зокрема навантаження важкими металами. За Вернадським В.І., важкі метали є «водним ґрунтом» і визначають численні особливості екології водних систем. Оцінка хімічного стану природних вод і донних осадків, як правило, базується на визначенні складу і кількісної характеристики важких металів, що має важливе наукове та прикладне значення.

Дослідженням геохімічних особливостей природних вод та донних відкладів України

займалися Шнюков Є.Ф., Шестопапов В.М., Митропольський О.Ю., Жовинський Е.Я.

Проблемам сучасного хімічного складу поверхневих вод присвячені роботи Линника П.Р., Набиванця Б.Й., Осадчого В.І., Осадчої Н.М., Набиванця Ю.Б.

Питанням літолого–геохімічного вивчення осадового матеріалу, його гранулометричного складу займалися як закордонні вчені – Дж. Меррей, О. Крюммель, А. Ренар, так і вітчизняні – Кленова М.В., Страхов Н.М., Безруков П.Л., Лісцин О.П., Кошіль М.Б.

Мета роботи полягає у встановленні особливостей розподілу важких металів у воді і донних відкладах м. Києва.

Об'єктом дослідження є важкі метали у поверхневих водах і донних відкладах Київського мегаполісу.

Методи досліджень. Гранулометричний (механічний) аналіз; фізико-хімічний та хімічний аналізи: атомно-абсорбційний, повний хімічний, спектральний.

Для визначення складу елементів у воді та донних відкладах, проби води і осадків відбиралися в період літньо-осінньої межени з глибини 1,0 – 1,5 м на відстані від 1,5 м до 2,0 м, інколи до 2,5 м від берега. Вода була

відібрана в пластикові бутілі ємкістю 1,5 літра. Приблизно на такій же глибині і відстані від берега відбиралися і донні осадки в пластикові кульки. Відбір проб зробле-

ний за методикою [1] і проводився в період 2009–2012 рр. Місця відбору проб позначені на рисунку 1.

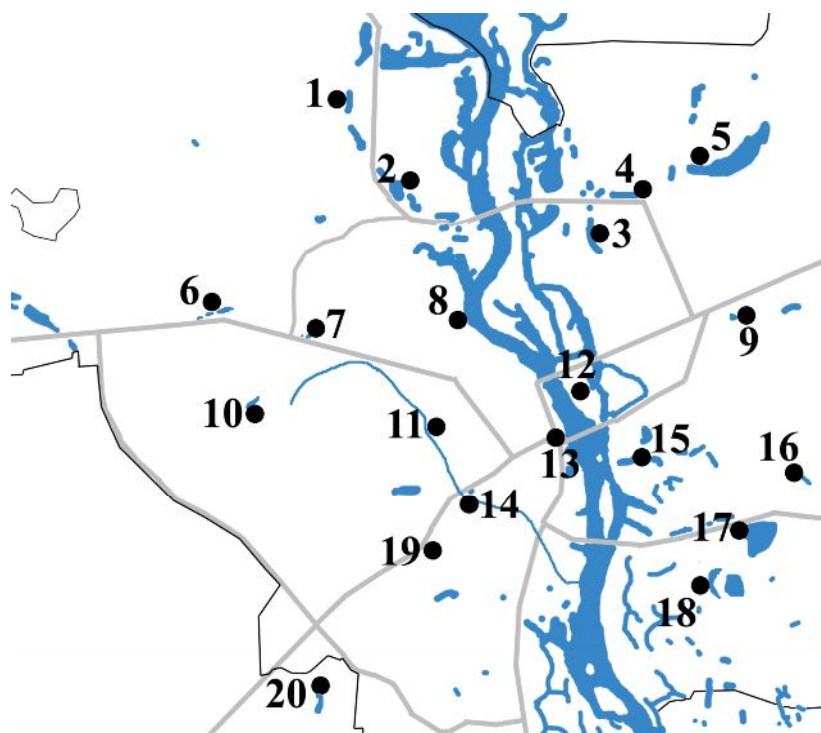


Рисунок 1 – Схема відбору проб поверхневих вод і донних відкладів м. Києва

Для проведення гранулометричного аналізу, відібрані проби осадків висушувалися повітряним способом до повного висихання. Для розподілу їх на фракції використано ситовий і аерометричний методи [2, 3]. Грану-

лометричний аналіз, як і для поверхневих вод, зроблено за період 2009–2012 роки. Інтерпретація гранулометричного складу донних відкладів проведена за методикою [4].

Результати досліджень.

Значний відсоток загальної кількості забруднюючих речовин, які поступають у водойми, складають важкі метали. В роботі розглянуті закономірності розподілу важких металів – нікелю, кобальту, хрому, міді, свинцю, цинку – у донних осадках і поверхневих водах лівобережної і правобережної частин м. Києва.

Важкі метали мають високу токсичність і належать до найбільш загрозливих речовин. Тому висвітлення закономірності розподілу деяких важких металів у воді і донних відкладах озер та притоків р. Дніпро в межах території Київської агломерації є цілком виправданим [5]. Місто Київ з багатомільйонним населенням потерпає від неякісної питної води і тому вивчення негативного впливу на її якість є першочерговою потребою.

Поверхневі води. За даними аналітичних досліджень поверхневі води м. Києва належать до гідрокарбонатно-кальцієвих. Зведені дані статистичних параметрів концентрації макро- і мікрокомпонентів наведені в таблиці 1.

Серед озер і водотоків м. Києва високі значення концентрації кальцію, в порівнянні з фоном [6], показали проби води р. Либідь. Окремим водоймам властивий підвищений вміст іона калію, наприклад, у воді озер Либідьське, на території Гідропарку і Зоопарку, в середній течії р. Либідь; низький вміст калію – оз. Відрадне, р. Дніпро (міст Патона і Поштова площа), канал Закревського. Найбільший вміст іона натрію, відносно фону [6], відзначений в оз. Голосіївське, низький – оз. у Зоопарку, р. Дніпро (Поштова площа,

міст Патона). Збільшена (максимальна) кількість іона SO_4^{2-} спостережена на окраїні міс-

та (с. Новоселки), а по місту – ближчі до середнього статистичного значення.

Таблиця 1. Хімічний склад макро– і мікрокомпонентів у поверхневих водах м. Києва, мг/кг

Елементи	Статистичні параметри				
	Мінімальне значення елементу	Максимальне значення елементу	Середнє значення елементу	Середньоквадратичне відхилення	Медіана
Ca	21,49	148,77	69,57	33,85	57,84
Na	5,27	135,89	36,96	27,92	32,045
Mg	2,96	121,3	14,59	5,63	13,78
K	0,61	12,68	4,62	2,32	4,48
Fe	0,06	1,93	0,46	0,4	0,32
HCO_3	14,64	408,6	207,69	84,22	189,4
SO_4	0,53	121,3	20,18	32,83	5,72
Cl	4,26	85,2	36,75	20,37	40,82
Ni	0,0001	0,0543	0,0058	0,01	0,0018
Co	0,0002	0,0028	0,0011	0	0,0009
Cr	0,0003	0,5429	0,0195	0,08	0,0041
Cu	0,0003	0,0142	0,0043	0	0,0029
Pb	0,0001	0,013	0,0018	0	0,0006
Zn	0,0071	0,2036	0,0271	0,03	0,0157
Ba	0,0119	1,329	0,2162	0,27	0,1148

Найбільш поширеними мікроелементами, які спостерігаються в усіх без винятку пробах, є нікель, кобальт, хром, мідь, свинець, цинк, барій. За лабораторними даними найбільш забрудненими є води оз. Мінське. Тут відмічені максимальні кількості по всій території нікелю ($0,05 \text{ мг/дм}^3$, ПДК= $0,1 \text{ мг/дм}^3$), хрому ($0,54 \text{ мг/дм}^3$, ПДК= $0,50 \text{ мг/дм}^3$), цинку ($0,20 \text{ мг/дм}^3$, ПДК= $1,00 \text{ мг/дм}^3$), високе значення міді ($0,01 \text{ мг/дм}^3$, ПДК= $0,10 \text{ мг/дм}^3$), тоді як максимальне значення її ($0,01 \text{ мг/дм}^3$) показала проба з оз. Кирилівське: обидва входять до так званих Опіченських озер, які розташовані близько один до одного, мають однакові гідрогеологічні і геологічні умови. Менші, але великі значення по згаданим елементам показали проби з оз. Нижній Тельбін. Тобто, це найбільш забруднені важкими елементами поверхневі води (озера і водотоки) на території Київського мегаполісу. Винятком є дані по свинцю і барію, але їх максимальні значення ($0,01 \text{ мг/дм}^3$, ПДК= $0,10 \text{ мг/дм}^3$ і $1,32 \text{ мг/дм}^3$, ПДК= $4,00 \text{ мг/дм}^3$, відповідно) по

місцезнаходженню відбору вод тяжіють до озер Мінське і Кирилівське і знаходяться північніше їх. Наведені дані вказують, що води групи Опіченських озер (особливо оз. Мінське і оз. Кирилівське) є найбільш забрудненими на всій території м. Києва, а значить і на правобережжі. Ці води протікають в межах північної промислової зони, що обумовлює хімічний стан цих озер. Нижчими від приведених даних є кількість важких металів у пробах води з оз. Нижній Тельбін: нікель – $0,05 \text{ мг/дм}^3$, кобальт – $0,003 \text{ мг/дм}^3$, хром – $0,49 \text{ мг/дм}^3$, мідь – $0,01 \text{ мг/дм}^3$, свинець – $0,01 \text{ мг/дм}^3$, цинк – $0,20 \text{ мг/дм}^3$, барій – $0,90 \text{ мг/дм}^3$. В оз. Нижній Тельбін впадає р. Дарниця (Дарницький меліоративний канал), в яку скидалися промислові стоки, особливо заводу «Радикал».

Донні відклади. В водоймах і водотоках зони антропогенного впливу (до якої належить Київська житлово-промислова агломерація) відмічаються специфічні донні відклади, які є основою «арени» розвитку техногенних потоків розсіювання хімічних еле-

ментів. Однією з основних характеристик сучасних донних осадків є їх гранулометричний аналіз. Особливості гранулометричного складу донних відкладів, їх речовинна складова вважаються важливими показниками, які визначають характер концентрування в них забруднюючих речовин.

Наведені в таблиці 2 дані і розрахунки показали, що переважають псамітові (піщані) відклади на долю яких припадає 80,25 % від загальної ваги, а на долю фракції 0,25-0,10 мм (ці ж осадки) приходить найбільша кількість псамітових відкладів –

43,47 % від загальної ваги. На долю фракції 0,50-0,25 мм (теж у межах піщаних відкладів) припадає 30,49 %. На алевритові відклади приходить 15,55 %, з них 15,25 % – фракція 0,10-0,05 мм. Найменша кількість осадків припадає на мули – 0,06 % (фракція 0,01-0,005 мм). На долю найменшої фракції (<0,005 мм) у пелітових відкладах, тобто мулах, приходить 3,25 %, і вони спостерігаються в усіх наведених пробах. Грубоуламкуваті осадки (псафіти), як видно з таблиці 2, присутні в усіх пробах, за винятком відкладів з оз. Нижній Тельбін.

Таблиця 2. Розподіл гранулометричних фракцій донних відкладів м. Києва, мас. %

Осадки	Гранулометричні фракції, мм	р. Либідь	оз. Лісове	оз. Алмазне	оз. Мінське	оз. Святошинське	оз. Нижній Тельбін	оз. Кирилівське	Усереднена вага
Псефіти	5 – 2	0,06	0,78	0,50	0,11	1,05	–	2,21	
	2 – 1	0,06	0,46	0,48	0,40	0,43	–	1,43	
Псаміти	1 – 0,5	0,95	2,95	4,40	9,07	3,94	17,12	58,62	6,29
	0,5 – 0,25	31,70	36,24	22,25	48,96	21,73	28,52	24,03	30,49
	0,25 – 0,10	50,71	43,87	52,60	25,39	53,94	32,95	44,86	43,47
Алеврити	0,10 – 0,05	11,49	12,95	16,80	12,41	16,60	17,42	19,09	15,25
	0,05 – 0,01	0,58	–	0,38	–	0,10	–	0,13	0,30
Пеліти	0,01 – 0,005	–	–	0,06	–	–	–	–	0,06
	<0,005	4,44	2,79	2,40	3,66	2,17	4,66	2,63	3,25
Сума		99,99	100,04	99,87	100,00	99,96	100,67	100,00	100,43

Для наочності результатів гранулометричного аналізу за даними таблиці 2 побудована гістограма (рисунок 2), де процентний склад

(по фракціям) відображений прямокутником, основа якого – розмір фракції у мм (d), а висота – склад часток у процентах (t).

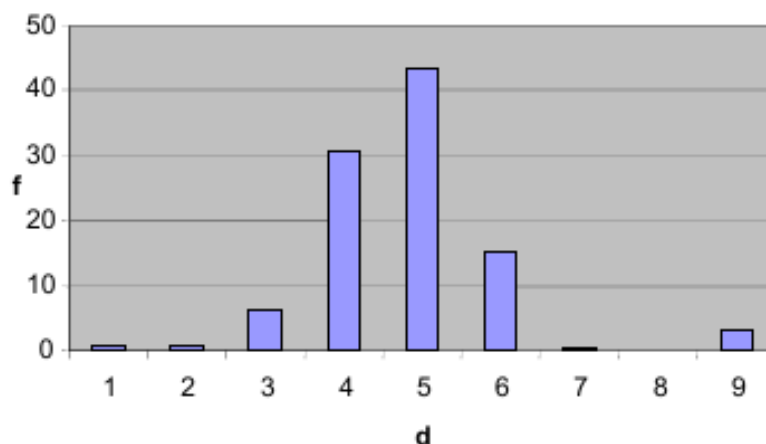


Рисунок 2 – Гістограма розподілу сумарних значень осадових часток у донних відкладах м. Києва

Досліджувані зразки за мінеральним складом, по даним мікроскопічного аналізу, належать в основному до піщаних осадків і складаються з кварцу (який, як відомо, має головне породотвірне значення і є одним з найбільш розповсюджених мінералів уламкуватих порід) і польового шпату. Їх вміст у відкладах коливається від 55 % до 95 %. Найбільше (95 %) відмічено в оз. Алмазне і оз. Партизанської слави; розмірність зерен середньо- і мілкозернисті, кварц чистий, прозорий. Основним джерелом надходження кварцу в донні відклади є алювіальні виноси стоку і людська діяльність, що особливо притаманно лівобережній частині міста, яка забудована на привозному ґрунті, в основному піску.

Проведений спектральний аналіз показав міру забрудненості донних відкладів важкими металами (таблиці 3 та 4). Основна концентрація нікелю виявлена в озерах Мінське і Нижній Тельбін: при фоновому показнику 10,3 мг/дм³ [7] валовий вміст дорівнює 1000 мг/дм³ та 340 мг/дм³ відповідно. Максимальна валова величина кобальту

72 мг/дм³ відмічена в оз. Мінське, що значно перевищує фон – 3,0 мг/дм³. Максимальне валове значення хрому показала проба також з оз. Мінське (1430 мг/дм³), що значно перевищує фон (21,3 мг/дм³). Забрудненість міддю, свинцем і цинком також найвища в оз. Мінське і перевищує фонові значення по елементам у десятки разів. Донні відклади оз. Нижній Тельбін надзвичайно забруднені цинком: валове значення – 13250 мг/дм³, фон – 7,5 мг/дм³. Свинець і цинк повністю відсутні, або майже відсутні в наступних пробах донних відкладів: оз. Лісове, Алмазне, Кирилівське. Барій присутній в усіх пробах, окрім озер Алмазне і Кирилівське. Найбільше барію виявлено в оз. Мінське – валовий вміст дорівнює 11900 мг/дм³ (фон – 4 мг/дм³). Тільки в оз. Нижній Тельбін виявлено кадмій.

У згаданих водоймах знайдені рослинні і фауністичні уламки від 4 % до 40 %. Взагалі, органічні залишки притаманні майже всім досліджуваним зразкам, за винятком озер Радунка і Небреж, каналу М. Закревського, річок Либідь і Сирець.

Таблиця 3. Статистичні параметри хімічного складу в донних відкладах м. Києва

Вміст компонентів, %	Статистичні параметри				
	мінімум	максимум	середнє	середньоквадратичне відхилення	медіана
SiO ₂	79,25	98,16	93,449	3,067	94,495
TiO ₂	0,03	0,32	0,15	0,0706	0,165
Al ₂ O ₃	0,3	3,26	1,165	0,695	0,84
Fe	0,1	7,97	0,994	1,031	0,4
MnO	0,01	0,02	0,017	0,0043	0,02
MgO	0,05	0,81	0,329	0,244	0,24
CaO	0,11	2,27	0,679	0,369	0,515
Na ₂ O	0,05	0,92	0,236	0,146	0,18
K ₂ O	0,2	1,4	0,519	0,204	0,4
P ₂ O ₅	0,01	0,84	0,086	0,104	0,02
H ₂ O	0,06	1,89	0,291	0,214	0,2
в.п.п.	0,08	11,06	2,029	1,813	0,91
SO ₃	0,01	0,03	0,015	0,007	0,01

Таблиця 4. Статистичні параметри вмісту мікрокомпонентів у донних відкладах м. Києва

Статистичні параметри	Вміст компонентів (Б), мг/кг						
	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Ba
Мінімальне значення елемента	2	2	6	5	4	50	100
Максимальне значення елемента	60	20	30	1000	30	1500	500
Середнє значення елемента	9	5,833	13,688	111,312	13,5	240	185,71
Середньоквадратичне відхилення	7,875	4,722	6,609	147,172	8,43	280	122,45
Медіана	5	3	10	30	10	60	100

Висновки

Серед нормованих компонентів у поверхневих водах важкі метали займають особливе положення, оскільки здатні зберігатися і накопичуватися в донних відкладах. Враховуючи зв'язок між осадами і водою, дана кількісна оцінка ступеня забрудненості їх важкими металами. Розглянуто закономірності розподілу важких металів на основі статистичної обробки фактичного матеріалу, доведено їх забрудненість досліджуваними елементами.

За результатами аналізів поверхневих вод видно, що найбільш забрудненими є води озер Кирилівське і Мінське на правому березі м. Києва і оз. Нижній Тельбін – на лівому, в яких відмічається максимальний вміст нікелю, хрому, цинку. Основними забруднювачами є нікель, хром, мідь, барій. Стосовно поверхневих вод, в цілому можна сказати, що забруднення їх на лівому березі на поря-

док нижче, ніж на правому. Це можна пов'язати з історичним розвитком промисловості столиці України.

Проведений гранулометричний аналіз проб донних осадків Київської міської агломерації виявив, що вони представлені всіма групами осадків: псефітами, псамітами, алевритами і пелітами. Найбільш поширені піщані осадки (псаміти), на долю яких припадає 80 %, на алеврити, пеліти і псефіти припадає 15,4 %, 3,2 %, 1,2 %, відповідно. Піщані відклади на 55 – 95 % складаються з кварцу і польового шпату. На залишки органічних речовин в досліджуваних пробах припадає в середньому від 10 % до 25 % від складу осадків.

Результати спектрального аналізу показали, що найбільш забрудненими є донні відклади з озер Нижній Тельбін, Мінське і Кирилівське.

Перелік посилань

1. Аналітична хімія поверхневих вод / [Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б.]. – К.: Наукова думка. – 2007. – 456 с.
2. Фролов В.Т. Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород / Фролов В.Т. – М.: Изд-во Московского ун-та. – 1964. – 27 с.
3. Ломтадзе В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований / Ломтадзе В.Д. – Л.: Недра. – 1990. – 328 с.
4. Безруков П.Л. Классификация осадков современных морских водоемов / П.Л. Безруков, А.П. Лисицын // Академ. наук СССР. Тр. Ин-та океанологии. – 1960. – Т. XXXII. – С. 5–12.
5. Эколого–геохимическое исследование природных сред в условиях городской агломерации / Э.Я. Жовинский, В.И. Маничев, И.В. Кураева [и др.]. – К.: Ин-т геохимии и физики минералов, 1991. – 57 с. (Препринт / АН УССР, Ин-т геохимии и физики минералов).
6. Горев Л.М. Гидрохимия Украины: підручник / Горев Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. – К.: Вища школа, 1995. – 307 с.

7. Люта Н.Г. Екологічний стан довкілля та Європейська перспектива України / Н.Г. Люта // Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 1. – С. 6 – 9.

*Стаття надійшла до редколегії 01.08.2013 р. українською мовою.
Стаття рекомендована членом редколегії д-ром геол. наук О.К. Тяпкіним.*

К.Р. АКИМОВА, И.В. КУРАЕВА, Е.С. ЗЛОБИНА

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины,
г Киев, Украина*

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КИЕВСКОГО МЕГАПОЛИСА

Изложены данные по изучению распределения тяжелых металлов в воде и донных осадках Киевского мегаполиса. Наведенные в статье результаты показали, что основными загрязнителями являются Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, Ba. Получены данные по содержанию тяжелых металлов в водоемах и водотоках города в пределах нормы, иногда ниже ПДК. В донных отложениях преобладают псаммитовые разновидности (80,25 %) с незначительными примесями алевролитовых (15,55 %) и пелитовых (3,25 %) компонентов. Загрязненность донных осадков тяжелыми металлами превышает фоновые значения.

Ключевые слова: донные отложения, поверхностные воды, тяжелые металлы, геохимическое распределение, гранулометрические фракции, преобладающие фракции, спектральный анализ.

O.R. AKIMOVA, I.V. KURAYEVA, K.S. ZLOBINA

*M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation, NAS of Ukraine,
Kiev, Ukraine*

CURRENT STATUS OF LITHOLOGICAL AND GEOCHEMICAL DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SURFACE WATER AND BOTTOM SEDIMENTS WITHIN KYIV METROPOLIS

The results of investigation of the heavy metals distribution in water and bottom sediments within Kiev metropolis are stated. Results presented in the paper showed that the main pollutants are Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, and Ba. The obtained data on the heavy metals content in surface water of the city are within normal limits and do not exceed the MCL. The psammite species (80,25 %) with minor impurities of aleurolite (15,55 %) and pelitic (3,25 %) components dominate in bottom sediments. Contamination of sediments with heavy metals is more higher than the background values.

Keywords: bottom sediments, surface waters, heavy metals, geochemical distribution, granulometric fractions, dominant fractions, spectral analysis.