

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ МЕРКУРІЮ (Hg^{2+}), ХРОМУ (Cr^{6+}) І ЦИНКУ (Zn^{2+}) У СКЛАДНИКАХ ЕКОСИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ ОБУХІВСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Риженко Н.О., Жаврида Д.Є.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, Київ
alsko2011@ukr.net

Сьогодні досить актуалізована проблема забруднення металами навколишнього природного середовища в Україні. Широке використання сполук металів у промисловості, сільському господарстві, медицині призвело до їх значного накопичення в довкіллі. Так, протягом останніх років погіршилася екологічна ситуація в окремих місцях Обухівського району Київської області. Значне навантаження на довкілля здійснює Трипільська ТЕС ПАТ «Центрэнерго» та полігон твердих побутових відходів № 5 ПрАТ «Київспецтранс», що знаходиться в селі Підгірці Обухівського району. Дослідження екологічних особливостей міграції ртуті (Hg^{2+}), хрому шестивалентного (Cr^{6+}) і цинку (Zn^{2+}) у системі «грунт-рослина», «вода-гідробіонт» на територіях зі значним антропогенним навантаженням не лише сприятимуть розв'язанню низки прикладних екологічних проблем в Обухівському районі Київської області, а й дадуть змогу прогнозувати та усувати наслідки забруднення територій металами. З'ясовано, що в усіх досліджуваних локалітетах (грунт, вода, гідробіонт, рослина) не зафіксовані перевищення гранично допустимих концентрацій для Zn^{2+} , Hg^{2+} та Cr^{6+} . Так, у компонентах систем «грунт-рослина» та «вода-гідробіонт» уміст металів зменшується в ряду: $Zn^{2+} > Cr^{6+} > Hg^{2+}$. Зазначено, що в Канівському водосховищі риба густера (*Blicca bjoerkna*) порівняно зі щукою звичайною (*Esox lucius*) перевищувала кількісні показники всіх досліджуваних металів. Найбільший уміст хрому у фітомасі *Taraxacum officinale* L. мав локалітет полігону № 5, що в с. Підгірці, а цинку – ландшафтний заказник місцевого значення «Урочище Калинове». Виявлено лінійну залежність умісту ртуті та хрому у фітомасі *Taraxacum officinale* L. від концентрації металів у ґрунті (на відміну від цинку). Найбільший уміст Hg, Cr, Zn мав ґрунт у с. Підгірці (полігон № 5), найменший – ландшафтного заказника місцевого значення «Урочище Калинове», що, вочевидь, пов'язано з різним ступенем антропогенного навантаження на досліджувану територію. **Ключові слова:** екологічна оцінка, метали (Hg^{2+} , Cr^{6+} , Zn^{2+}), ґрунт, вода, забруднення, *Taraxacum officinale* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Blicca bjoerkna*, *Esox lucius*, Обухівський район Київської області.

Ecological Assessment of Mercury's (Hg^{2+}), Chrome's (Cr^{6+}), and Zinc's (Zn^{2+}) content in components of ecosystems (in the example of Obukhiv District of Kyiv region). Ryzenko N., Zhavryda D.

Today, the problem of metal pollution of the environment in Ukraine is quite relevant. Widespread use of metal compounds in industry, agriculture, medicine has led to their significant accumulation in the environment. Thus, in recent years the ecological situation has deteriorated in some places of the Obukhiv district of Kyiv region. Significant impact on the environment is carried out by Trypillya TPP of PJSC "Centerenergo" and solid waste landfill № 5 of PJSC "Kyivspetstrans", located in the village of Pidhirtsi, Obukhiv district. Studies of the ecological features of the migration of mercury (Hg^{2+}), hexavalent chromium (Cr^{6+}) and zinc (Zn^{2+}) in the "soil-plant", "water-aquatic" system in areas with significant anthropogenic load will contribute not only to solving a number of applied environmental problems in Obukhiv district of Kyiv region, but also allow to predict and eliminate the consequences of metal pollution. In all studied localities, samples of soil, water, hydrobionts, plants didn't exceed the maximum allowable concentrations for Zn^{2+} , Hg^{2+} and Cr^{6+} . In the "soil-plant" and "water-hydrobiont" systems, the content of metals decreases in the range: $Zn^{2+} > Cr^{6+} > Hg^{2+}$. In the Kaniv Reservoir, the samples of fishes *Blicca bjoerkna* had higher concentration of all studied metals than samples of fishes *Esox lucius*. The highest content of chromium (VI) in the phytomass of *Taraxacum officinale* L. had the samples from site of Polygon № 5 (Pidhirtsi), and highest content of zinc had the samples from reserve "Kalynove tract". The linear dependence of mercury and chromium content in the phytomass of *Taraxacum officinale* L. on the concentration of metals in the soil (excluding zinc) was revealed. The highest content of Hg, Cr, Zn had the samples of soil in the Pidhirtsi (landfill № 5), the smallest – had the samples from reserve "Kalynove tract", which is obviously explained by different degrees of anthropogenic pressure on the study area. **Key words:** ecological assessment, metals (Hg^{2+} , Cr^{6+} , Zn^{2+}), soil, water, pollution, *Taraxacum officinale* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Blicca bjoerkna*, *Esox lucius*, Obukhiv district of Kyiv region.

Постановка проблеми. Посилення антропогенного навантаження на біосферу зумовлює інтенсивну деградацію як природних, так і штучно створених урбо- та агроекосистем. Вагомий чинник у цьому процесі – надмірне потрапляння в біосферу хімічних елементів техногенного походження, що не утилізуються й не беруть участі в біогеохімічних циклах, а накопичуються в екосистемах. Це передусім токсичні метали, що є найбільш небезпечними

забруднювачами довкілля, а також високотоксичні речовини канцерогенної та мутагенної дії [2; 4; 6; 8; 17; 19; 27].

Накопичення токсичних металів у ґрунтах спричиняє виникнення екологічних проблем у сільськогосподарському виробництві, зменшення врожаїв і негативного впливу на ґрунтові організми. Дія металів на рослини спричиняє зміни в геологічному й біологічному перерозподілі таких елементів за рахунок

дисипації у воді й ґрунті [25], у функціонуванні екосистем загалом, зокрема зниження продуктивності [31; 34–37]. З огляду на це, сьогодні зловоденні дослідження питань біодоступності й інтенсивності біокумуляції металів у системі «середовище-біота» [2; 8; 32; 33]. Відомо, що всі елементи, у тому числі мідь, марганець, кобальт, цинк і хром, необхідні для життя організму. За умов наявності їх у надмірних кількостях вони мають потенціал стати токсичними для рослин. Такі біологічні чинники, як характеристики видів, трофічні взаємодії та біохімічні/фізіологічні адаптації, відіграють важливу роль у біодоступності елементів [33–37].

Проблема забруднення металами навколишнього природного середовища в Україні й нині не втрачає своєї актуальності [3; 4; 6]. Токсичність сполук таких поллютантів залежить від низки факторів: дози, маршруту впливу, хімічного виду, а також фізіологічних особливостей біоти, що піддається впливу забрудників [5; 18]. Зважаючи на високий ступінь токсичності, такі елементи, як хром і меркурій, знаходяться серед пріоритетних металів, що є системними токсикантами, які викликають пошкодження органів і тканин навіть за незначного впливу на живі організми [39]. Хром, цинк і меркурій – одні з основних забруднювачів навколишнього середовища, особливо в районах із високим антропогенним навантаженням на довкілля. Дослідження екологічних особливостей міграції меркурію (Hg^{2+}), хрому шестивалентного (Cr^{6+}) і цинку (Zn^{2+}) у системі «вода-ґрунт-біота» досить актуальні для Обухівського району Київської області [1; 7; 30].

Основне навантаження на довкілля в регіоні, як і в попередні роки, здійснює Трипільська ТЕС ПАТ «Центренерго» та полігон твердих побутових відходів № 5 ПрАТ «Київспецтранс», що розташований у селі Підгірці Обухівського району Київської області. У селі Трипілья Обухівського району істотними об'єктами-забруднювачами є стихійне місце видалення відходів, що займає площу майже п'ять гектарів земель лісфонду, і складове приміщення з невикористаними й непридатними до використання хімічними препаратами захисту рослин. Окрім того, періодичне займання торфовищ в адміністративних межах с. Великі Дмитровичі Обухівського району також погіршує стан навколишнього природного середовища. Усі зазначені фактори прямо чи опосередковано спричиняють забруднення компонентів екосистеми токсичними металами. Усунення наслідків і запобігання забрудненню металами можливе за умови не тільки всебічного моніторингу, включаючи спостереження за станом і функціонуванням біоорганізмів, а й установлення закономірностей міграції поллютантів у системі «вода-гідробіонт», «ґрунт-рослина» тощо [1; 9].

Обухівський район має розвинуту транспортну інфраструктуру. Для району характерна територіальна нерівномірність у розміщенні промислового

виробництва. Основа промислового потенціалу – підприємства електроенергетики. Загальнодержавне значення мають такі підприємства, як Трипільська ТЕС, найбільший у Європі Київський картонно-паперовий комбінат у м. Обухові. Район має також високорозвинене сільськогосподарське виробництво [14]. Проте надмірне розорювання земель, особливо схилів, призвело до порушення екологічно збалансованого співвідношення площ ріллі, луків, лісів і водойм, що негативно позначилося на стійкості ландшафтів, прискорило процеси водної ерозії. У деяких поверхневих водоймах спостерігається тенденція погіршення показників якості води, що певною мірою має й природний характер. Випадки перевищення нормативів ГДС на скидах підприємств області засвідчують посилення антропогенного навантаження на природні водойми (особливо на малі річки району). Якість стічних вод не завжди відповідає затвердженим нормативам граничнодопустимого скиду забруднювальних речовин. З огляду на це, найбільш забрудненими можна назвати басейн річки Стугна. Збільшують екологічне напруження в регіоні й відсутність каналізаційних очисних споруд в окремих населених пунктах і невідповідність потужностей фактичним потребам на наявних спорудах [29].

Моніторингові дослідження щодо забруднення атмосферного повітря на території району ведуться Центральною геофізичною обсерваторією ім. Б. Срезневського на двох стаціонарних постах у місті Обухові, а також Департаментом екології та природних ресурсів Київської обласної державної адміністрації. Для вимірювання використовуються прилади, що не передбачають моніторинг токсичних металів.

Ступінь забруднення поверхневих вод Обухівського району визначається на стаціонарних гідрологічних постах в м. Українка. За даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського, Канівське водосховище в районі м. Українка у II кварталі 2020 р. в усіх створах забруднено сполуками цинку – 1,1–2,2 ГДК, хрому шестивалентного – 2,0–9,0 ГДК. У четвертому кварталі 2018 р. трапилося одинадцять випадків високого забруднення. На річках Дніпро та Деремезнянка зафіксовано п'ять випадків значного забруднення сполуками хрому шестивалентного в межах 12–13 ГДК, у пункті р. Кобринки спостерігався випадок високого забруднення сполуками цинку на рівні 14 ГДК [7]. Варто зазначити, що екологічний моніторинг вмісту сполук меркурію у складниках екосистеми в Обухівському районі не здійснюється. Отже, оцінювання міграції вищезгаданих металів у системі «вода-гідробіонт» дасть змогу прогнозувати наслідки забруднень і вироблення відповідних рекомендацій щодо їх усунення, а визначення екологічних особливостей міграції цинку, меркурію, хрому в екосистемі за допомогою моніторингових досліджень на територіях із високим антропогенним

навантаженням сприятиме ефективнішому розв'язанню низки екологічних проблем в Обухівському районі Київської області.

Мета роботи – екологічне оцінювання вмісту ртуті (Hg^{2+}), хрому (Cr^{6+}) і цинку (Zn^{2+}) у системі «грунт-рослина» у природних і трансформованих ландшафтах Обухівського району Київської області, «вода-гідробіонт» Канівського водосховища.

Умови та методи проведення досліджень. Обухівський район знаходиться в центральній частині Київської області, на правому березі ріки Дніпро. Площа території району становить 0,76 тис. га, що становить 2,5% від території області [14; 15]. Для виявлення специфіки зон дії основних джерел антропогенного забруднення здійснені польові й лабораторні дослідження вмісту металів у вибраних локалітетах. Дослідження небезпечності металів у природних екосистемах здійснювалися у квітні 2020 року на прикладі чотирьох локацій Обухівського району (у зоні діяльності Трипільської ТЕС м. Українка, полігону ТПВ № 5 с. Підгірці, у межах Канівського водосховища м. Українки та ландшафтного заказника місцевого значення «Урочище «Калинове» с. Витачеве). При виборі локацій об'єктів дослідження використовувалася інтерактивна екологічна карта – екогеопортал «Довкілля Обухівщини» (складена під час виконання магістерської роботи аспірантом Д.Є. Жавридою у 2019 р. для внутрішнього використання відділом екології Обухівської районної державної адміністрації Київської області). Як фоновий локалітет для

дослідження вмісту металів обрано територію ландшафтного заказника місцевого значення «Урочище «Калинове», що в с. Витачеві. Картохему відбору проб наведено на рисунку 1.

Відбір металів для досліджень ґрунтувався не тільки на їх відповідності найбільш поширеній групі полютантів у номенклатурному й територіальному аспектах, а й належності, наприклад, Zn до важливих мікроелементів, що беруть участь у процесах життєдіяльності організмів [9].

Зразки відбирали згідно з вимогами ДСТУ (ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ISO 10381-4-2005) у межах 3-х пробних ділянок [41; 42]. Площа пробної ділянки становила 100 м^2 , у межах пробної ділянки зразки ґрунту відбиралися методом конверту з формуванням одного репрезентативного зразка. Глибина відбору ґрунтових зразків була в межах 0–20 см. Відбирали зразки в чотириразовій повторності, з яких готували змішаний усереднений зразок ґрунту об'ємом до 1 кг. На кожній площі відбиралися рослинні зразки, з яких готували змішаний усереднений зразок об'ємом до 100 г (загальна фітомаса). Аналіз зразків ґрунту (Zn і Cr: ацетатно-амонійний буфер pH 4,8) і рослин ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$) здійснювали методом атомно-абсорбційної спектроскопії [20–24; 28]. Підготовку м'яких тканин риби для визначення в них вмісту металів здійснювали відповідно до рекомендацій, наведених у нормативних документах для харчових продуктів [21; 23]. Вимірювання концентрації металів у донних відкладах проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії (спек-

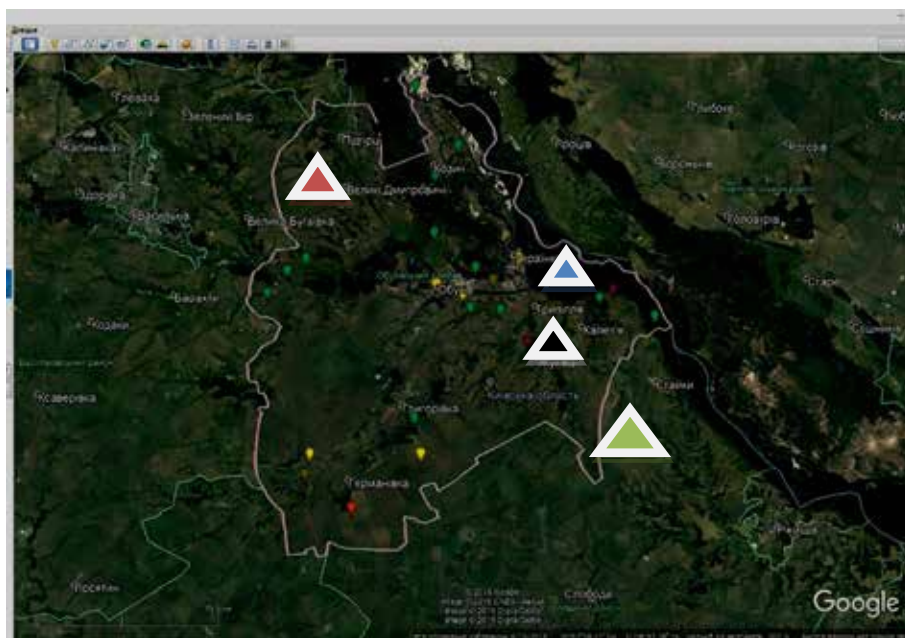


Рис. 1. Картохема відбору проб у локалітетах Обухівського району Київської області, 2020 р.:

- ▲ – полігон ТПВ № 5 (с. Підгірці); ▲ – Канівське водосховище (м. Українка);
- ▲ – ландшафтний заказник місцевого значення «Урочище «Калинове» (с. Витачів);
- ▲ – «Трипільська ТЕС»

трофотометр атомно-абсорбційний Сатурн-4, аналізатор меркурію, РА-915) [22].

Аналізи проводилися в санітарно-гігієнічній лабораторії відділу дослідження фізичних і хімічних факторів ДУ «Київський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України». Статистична обробка експериментальних даних проведена з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel за загальноприйнятими в біометрії методиками [16].

Виклад основного матеріалу. Уміст ртуті, хрому та цинку в ґрунті на досліджуваних лока-

літетах не перевищував установлені нормативи (таблиця 1). Уміст Cr^{6+} у біоті (а також у продуктах харчування) та воді не регламентується за чинними нормативами [10; 11–13; 38]. У ґрунті, воді та біоті найвищу концентрацію мав цинк, у компонентах систем «ґрунт-рослина» й «вода-гідробіонт» уміст досліджуваних металів змішувався в ряду: $Zn > Cr > Hg$.

Визначено, що найбільший уміст металів у ґрунті – в с. Підгірці (полігон № 5), найменший – у ландшафтному заказнику місцевого значення «Урочище «Калинове», що, вочевидь, пов'язано з антропоген-

Таблиця 1

Результати вимірювання металів у складниках екосистеми
Обухівського району Київської області у 2020 році

Об'єкт дослідження	Метал	ГДК	Концентрація
Зона діяльності Трипільської ТЕС (м. Українка)			
Ґрунт, мг/кг	Hg^{2+}	2,10	0,0028±0,001
	Zn^{2+}	23,0	1,7986±0,400
	Cr^{+6}	0,05	0,0151±0,003
<i>Taraxacum officinale</i> L., мг/кг	Hg^{2+}	0,02	0,004±0,001
	Zn^{2+}	10,0	1,1252±0,250
	Cr^{+6}	-	0,0141±0,003
Полігон № 5 (с. Підгірці)			
Ґрунт, мг/кг	Hg^{2+}	2,1	0,0056±0,001
	Zn^{2+}	23,0	3,6258±0,320
	Cr^{+6}	0,05	0,0253±0,004
<i>Taraxacum officinale</i> L., мг/кг	Hg	0,02	0,005±0,001
	Zn	10,0	1,2687±0,051
	Cr^{+6}	-	0,0258±0,002
Ландшафтний заказник місцевого значення «Урочище «Калинове» (с. Витачів)			
Ґрунт, мг/кг	Hg^{2+}	2,1	0,0053±0,001
	Zn^{2+}	23,0	1,8765±0,520
	Cr^{+6}	0,05	0,00442±0,0007
<i>Taraxacum officinale</i> L., мг/кг	Hg^{2+}	0,02	0,0052±0,001
	Zn^{2+}	10,0	1,9562±0,232
	Cr^{+6}	-	0,0065±0,001
Канівське водосховище (м. Українка)			
Вода поверхнева, мг/дм ³	Hg^{2+}	0,00053	0,0001149±0,00002
	Zn^{2+}	1,03	0,1985±0,003
	Cr^{+6}	0,05	0,02244±0,007
<i>Ceratophyllum demersum</i> L., мг/кг	Hg^{2+}	0,02	0,0074±0,001
	Zn^{2+}	50,0	2,3658±0,241
	Cr^{+6}	-	0,0095±0,001
Донні відклади, мг/кг	Hg^{2+}	-	0,0057±0,001
	Zn^{2+}	23,0	2,0566±0,154
	Cr^{+6}	-	0,0712±0,012
Риба густера (<i>Blicca bjoerkna</i>), мг/кг	Hg^{2+}	0,3	0,0055±0,001
	Zn^{2+}	40,0	1,9625±0,365
	Cr^{+6}	-	0,0352±0,0026
Риба щука звичайна (<i>Esox lucius</i>), мг/кг	Hg^{2+}	0,4	0,0061±0,002
	Zn^{2+}	40,0	1,5688±0,345
	Cr^{+6}	-	0,00322±0,0001

ним навантаженням на територію, де розташований полігон розміщення відходів (рис. 2).

Найбільшим умістом хрому у фітомасі *Taraxacum officinale* L. відзначався локалітет полігону № 5 (с. Підгірці), цинку – ландшафтний заказник місцевого значення «Урочище Калинове» (рис. 3).

У Канівському водосховищі риба густера мала більший уміст усіх досліджуваних металів, ніж щука звичайна (рис. 4). У працях низки авторів наведено приклади наявності високої біодоступності металів, зокрема ртуть, для гідробіонтів-хижаків [26; 39; 40; 43; 44]. Проте менший уміст досліджуваних металів у біомасі щуки звичайної порівняно з рибою густера може бути пов'язаний із видовою специфічністю в біодоступності Zn, Cr, Hg, тобто

«бар'єрним-безбар'єрним» механізмом надходження токсикантів до біоорганізмів. Варто зазначити, що серед усіх досліджуваних гідробіонтів у водорості *Ceratophyllum demersum* L. найбільший уміст ртуть.

Залежність умісту ртуть та хрому у фітомасі *Taraxacum officinale* L. від концентрації металів у ґрунті мала лінійну формалізованість (рис. 5). Коефіцієнти кореляції (r) для Hg і Cr становили, відповідно, 0,97 і 0,99. Проте цинк відзначався ступеневу формалізацією залежності вмісту у фітомасі рослин від концентрації металу в ґрунті. Коефіцієнт кореляції між умістом цього металу в ґрунті та фітомасі рослин був від'ємним ($r = -0,32$), що свідчить про зворотній і нетісний зв'язок між умістом цинку

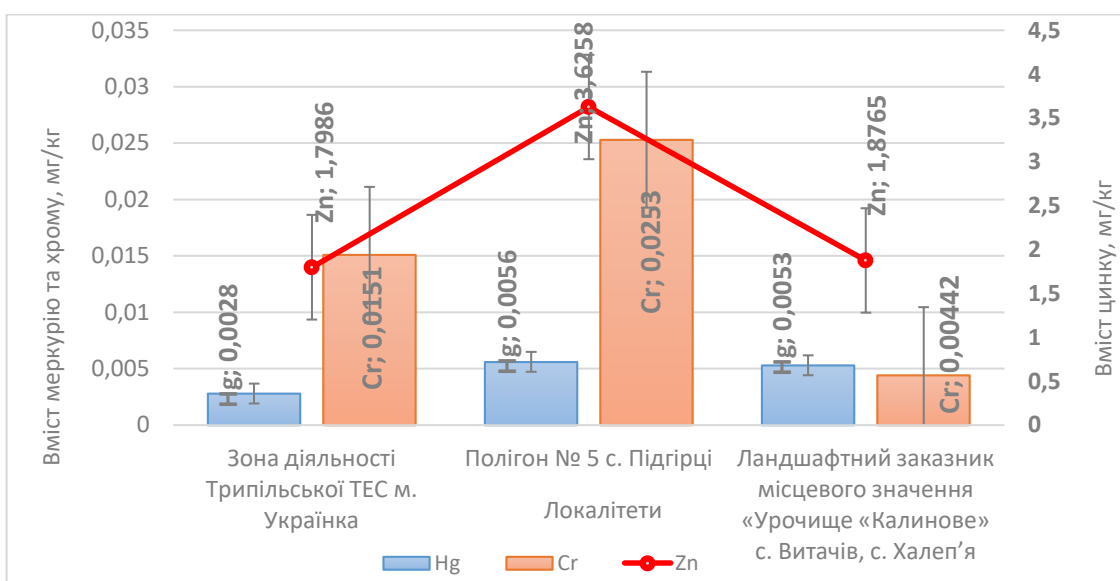


Рис. 2. Уміст Zn, Cr, Hg у ґрунті досліджуваної території

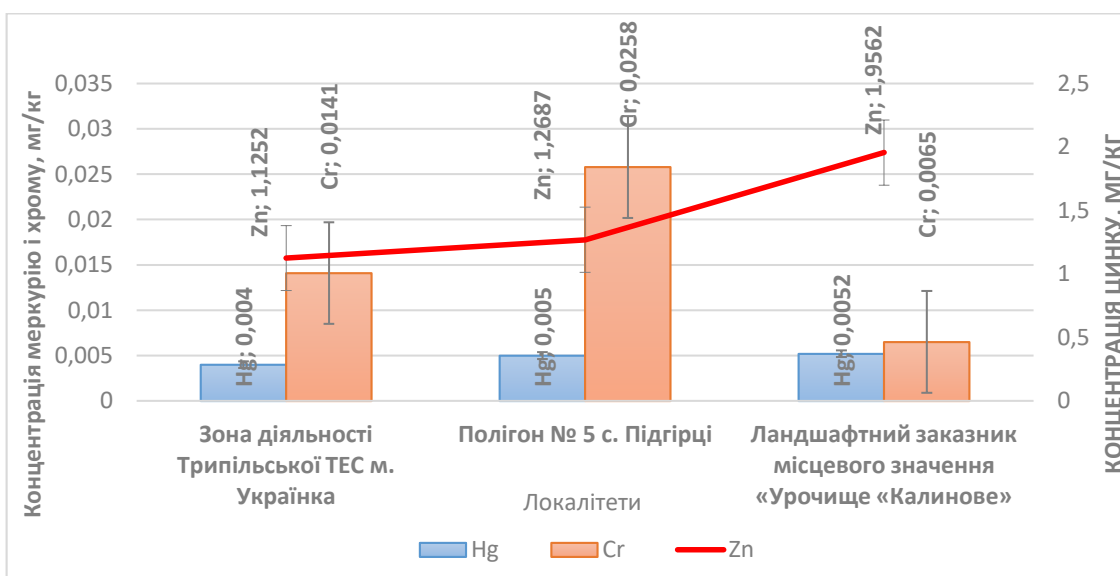


Рис. 3. Уміст Zn, Cr, Hg у фітомасі *Taraxacum officinale* L. на досліджуваній території

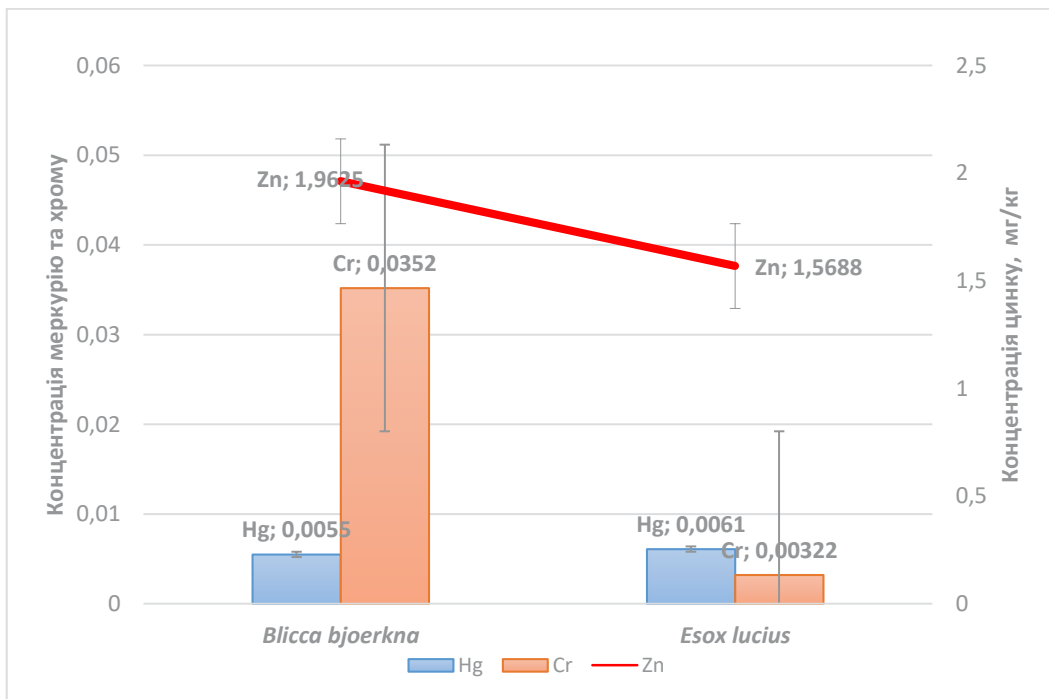
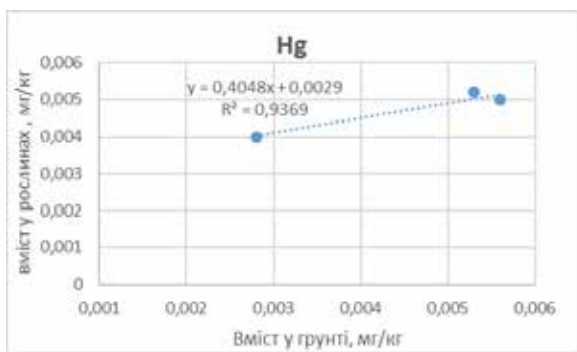
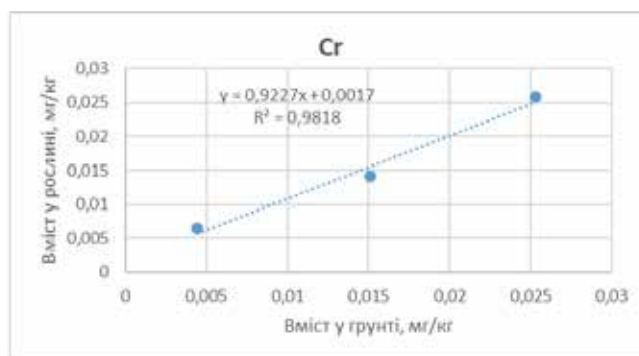


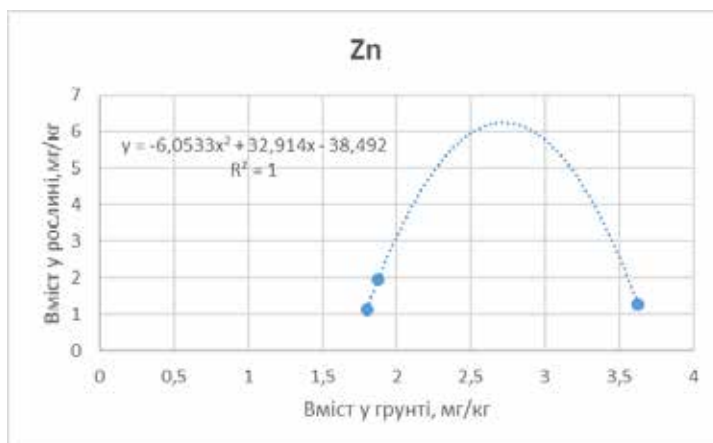
Рис. 4. Уміст Zn, Cr, Hg у деяких видах риб Канівського водосховища



а)



б)



в)

Рис. 5. Залежність умісту в загальній фітомасі *Taraxacum officinale* L. від умісту в ґрунті меркурію (а), хрому (б), цинку (в)

в ґрунті та рослинах. Це, швидше за все, пов'язано з фізіологічною роллю Zn як облігатного мікроелемента, що знаходиться в системі «ґрунт-рослина» в кількостях у десятки-сотні разів більших, ніж Cr і Hg (закономірність фізіологічної індивідуальності елементів). Окрім того, біодоступність Zn тісно пов'язана із засвоєнням рослинами кальцію, кадмію, заліза [17].

Головні висновки. У всіх досліджуваних локалітетах (ґрунт, вода, гідробіонт, рослина) не зафіксовані перевищення гранично допустимих концентрацій для Zn^{2+} , Hg^{2+} і Cr^{6+} . Установлено, що в компонентах систем «ґрунт-рослина» та «вода-гідробіонт» уміст металів зменшується в ряду: $Zn^{2+} > Cr^{6+} > Hg^{2+}$. З'ясовано, що в Канівському водосховищі риба густера (*Blicca bjoerkna*) мала біль-

ший уміст усіх досліджуваних металів, ніж шука звичайна (*Esox lucius*). Найбільший уміст хрому у фітомасі *Taraxacum officinale* L. виявлено в локалітеті полігону № 5 (с. Підгірці), цинку – у ландшафтному заказнику місцевого значення «Урочище Калинове». Спостерігалася лінійна залежність умісту меркурію та хрому у фітомасі *Taraxacum officinale* L. від концентрації металів у ґрунті, на відміну від цинку. Коефіцієнти кореляції (r) для Hg і Cr становили, відповідно, 0,97 і 0,99, а для цинку – 0,32. Найбільший уміст Hg, Cr, Zn мав ґрунт у с. Підгірці (полігон № 5), найменший – у ландшафтному заказнику місцевого значення «Урочище «Калинове», що, вочевидь, пов'язано з різним ступенем антропогенного навантаження на територію дослідження.

Література

1. Акти обстеження стану навколишнього природного середовища Обухівського району Київської області, проведені відділом екології та природних ресурсів Обухівської районної державної адміністрації Київської області протягом 2016–2020 рр.: Обухівська районна державна адміністрація. 2016–2020. 18 с.
2. Бондар О.І., Тараріко О.Г., Тимченко О.І. Антропогенні чинники довкілля та їх вплив на біоту та здоров'я людини : підручник для студентів вищих навчальних закладів України. Київ, 2006. 288 с.
3. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування. Природно-техногенна (екологічна) безпека / за ред. Б.М. Данилишина. Київ : Наукова думка, 2008. Т. 1. 389 с.
4. Моніторинг навколишнього середовища : навчальний посібник / О.І. Бондар, І.В. Корінко, В.М. Ткач, О.І. Федоренко. Київ-Харків : ДЕІ-ГТІ, 2005. 126 с.
5. Бондар О.І., Риженко Н.О. Фітотоксикологічна класифікація токсичних металів за інтенсивністю їх біоаккумуляції в умовах зелених паркових зон м. Києва. *Агроєкологічний журнал*. 2017. Т. 3. С. 32–40.
6. Бондар О.І., Риженко Н.О. Екологічний моніторинг м. Києва. *Агроєкологічний журнал*. 2010. Т. 2. С. 41–46.
7. Бюлетень забруднення поверхневих вод на території Київської області за II квартал 2020. № 2. 110. Київ, 2020. 8 с.
8. Гришко В.М., Сищиков Д.В., Піскова О.М. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. *Донецьк*, 2012. 303 с.
9. Власюк П.А. Микроэлементы и радиоактивные изотопы в питании растений. Киев : Изд-во АН УССР, 1956. 115 с.
10. Гранично допустимі концентрації хімічних речовин у ґрунті (ГДК) : Наказ Головлікаря МОЗ від 30.10.1980 № 2264-80. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v2264400-80> (дата звернення: 10.10.2020).
11. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002. 30 с.
12. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. 10 с.
13. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.05.2013 № 368. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13> (дата звернення: 10.10.2020).
14. Екологічний паспорт регіону. Київська область. Київ : Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Київській області, 2006. 67 с.
15. Екологічний паспорт Київської області. Київ : Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Київській області, 2019. 197 с.
16. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия. Петрозаводск, 2010. 104 с.
17. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва-растение». Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1991. 151 с.
18. Екотоксикологічна оцінка небезпечності поліютантів в системі «ґрунт-рослина» за кінетичними показниками / В.М. Кавецький, Н.О. Риженко, Т.В. Юрченко, О.М. Бердніков. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії* : збірник матеріалів Міжнар. конф. Запоріжжя : ЗНУ, 2007. С. 356–359.
19. Козьякова Н.О., Кавецький В.М. Екотоксикологічна оцінка біоаккумуляції Cd, Pb, Zn, Cu у системі «ґрунт – рослина» : збірник матеріалів III Міжнар. мед. конф. студентів та молодих учених. Дніпропетровськ : ДГУ, 2002. С. 319–320.
20. Коваленко М.С., Калиниченко Е.А., Кулак С.А. Применение атомно-абсорбционного анализа в мониторинге окружающей природной среды. *Сборник научн. тр. Межд. научно-практич. конф.* Харьков : Райдер, 2005. Т. 2. С. 167–171.
21. МВВ № 081/12-0996-15. Методика выполнения измерений массовой доли ртути в пробах пищевых продуктов, продовольственного сырья, кормов, комбикормов и сырья для их производства атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути РА-915+ с приставкой ПИРО 915+ М-04-46-2007. Москва : ФСПНвСП, 2013. 23 с.
22. М 03-09-2013 (ПНД Ф 16.1:2.2.80-2013). Методика измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, ґрунтов, в том числе тепличных, глин и донных отложений атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути РА-915 М. Москва : ФСПНвСП, 2011. 25 с.

23. МВВ 081/12-16-98. Методика выполнения измерений массовой доли кадмия, цинка, меди, свинца и мышьяка в пищевых продуктах. Атомно-абсорбционный метод с использованием электрохимической атомизации.
24. МВВ 081/12-4701-01. Методика выполнения измерений массовой концентрации алюминия, железа, марганца, меди, молибдена, свинца, стронция и цинка в питьевой воде. Атомно-абсорбционный метод с использованием электротермической атомизации.
25. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко, О.П. Мірошніченко. Харків : УкрНДЦЕП, 2012. 37 с.
26. Мірошніченко О.П., Васенко О.Г. Роль біологічної складової водних екосистем при формуванні донних відкладів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 1-2. С. 51–54.
27. Запольський А.К., Войцицький А.П., Пількевич І.А. Моніторинг довкілля : підручник. Кам'янець-Подільський, 2012. Т. 1. 408 с.
28. Про затвердження методичних вказівок «Визначення вмісту ртуті в об'єктах виробничого, навколишнього середовища і біологічних матеріалах» : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 10.06.2005 № 263. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0263282-05> (дата звернення: 10.10.2020).
29. Обухівський район. Загальна та екологічна інформація. Обухівська РДА. 2019. 5 с.
30. Районна програма охорони довкілля в Обухівському районі області на 2018–2020 рр. Обухівська РДА. 2018. 11 с.
31. Риженко Н.О. Біоаккумуляція Pb, Cd, Zn, Cu при імпаکتному забрудненні – екотоксикологічний критерій якості довкілля. *Екологічні науки*. 2012. Т. 1. С. 46–55.
32. Риженко Н.О. Нормування фітотоксичності металів у агроекосистемі. *Агроєкологічний журнал*. 2017. Т. 4. С. 14–21.
33. Риженко Н.О. Наукові онови фітотоксикологічної оцінки небезпечності металів (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn) у екосистемах : автореф. дис. ... докт. біол. наук : 03.00.16. Київ, 2018, 40 с.
34. Риженко Н.О. Принципи фітотоксикологічного нормування металів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. Вип. 4 (105). С. 96–102.
35. Риженко Н.О. Фітотоксикологічна оцінка ризику небезпечності металів за їх біокумуляцією в природних екосистемах. *Вісник ЖНЕУ*. 2017. Вип. 2 (61). С. 110–115.
36. Риженко Н.О., Кавецький В.М. Екотоксикологічна оцінка фітотоксичності Cd, Cu, Zn, Pb за умов моно- та мультиметалічного забруднення ґрунту. *Наукові записки НАУКМА*. 2009. Т. 93. С. 77–81.
37. Риженко Н.О., Кавецький В.М. Критерій біоаккумуляції токсичних елементів в рослинницькій продукції як гігієнічний показник її якості. *Проблеми харчування*. 2004. № 3 (4). С. 34–41.
38. САНПин 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Москва : Изд. Минздрава СССР, 1988. 67 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v4630400-88> (дата звернення: 10.10.2020).
39. Трахтенберг И.М. Книга о ядах и отравлениях. Киев : Наукова думка, 2000. 368 с.
40. Юрченко Л.Л., Мірошніченко О.П. Особливості фазового вмісту важких металів в поверхневих водах української частини р. Дунай. *Екологічна безпека : проблеми і шляхи вирішення* : збірник наук. пр. IV Міжнар. наук.-практ. конфер. Алушта : Райдер, 2011. Т. 1. С. 282–286.
41. ДСТУ 4287:2004 (БЗ Т 11-2003/378). Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2004-30-04]. Київ, 2005. 5 с.
42. ДСТУ ISO 10381-4:2005 (ISO 10381-4:2003, IDT). Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо процедури дослідження природних, майже природних та оброблюваних ділянок. [Чинний від 2005-14-04]. Київ, 2005. 24 с.
43. Veena K.V., Radhakrishnan C.K., Chacko J. Heavy metal induced biochemical effects in an estuarine teleost. *Indian Journal of Marine Science* 1997. Vol. 26. P. 74–78.
44. Morel F.M., Kraepiel A.M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 1998. Vol. 29. P. 543–566.