



original article | UDC 504.4.054 | doi: 10.31210/visnyk2019.02.08

## THE PECULIARITIES OF ECOLOGICAL EVALUATING NATURAL-ANTHROPOGENIC IMPACT ON HYDROSPHERE WITHIN URBAN TECHNO-ECOSYSTEMS

*I. N. Podrezenko,*

ORCID ID: [0000-0001-5502-3515](https://orcid.org/0000-0001-5502-3515), E-mail: [podrezenko.i@gmail.com](mailto:podrezenko.i@gmail.com),

*N. S. Ostapenko,*

ORCID ID: [0000-0001-5121-7160](https://orcid.org/0000-0001-5121-7160), E-mail: [ianatali1978@gmail.com](mailto:ianatali1978@gmail.com),

*S. V. Kriuchkova,*

ORCID ID: [0000-0002-0862-3363](https://orcid.org/0000-0002-0862-3363), E-mail: [svetlanakriuchkova69@gmail.com](mailto:svetlanakriuchkova69@gmail.com),

*V. A. Kirichenko,*

ORCID ID: [0000-0002-6462-8206](https://orcid.org/0000-0002-6462-8206), E-mail: [kirichenkov11@gmail.com](mailto:kirichenkov11@gmail.com),

*L. V. Bondarenko,*

ORCID ID: [0000-0002-4202-2959](https://orcid.org/0000-0002-4202-2959), E-mail: [Larisabondarenko872@gmail.com](mailto:Larisabondarenko872@gmail.com),

Institute for Nature Management Problems & Ecology of National Academy of Sciences of Ukraine, 6, Volodymyra Monomakha str., Dnipro, 49000, Ukraine

*Hydrosphere ecosystems are of great importance for the functioning of urban techno-ecosystems. Their ecological condition is mostly influenced by production processes of enterprises, especially mining, which use huge amounts of resources (energy, materials, and water), and return a lot of wastes and polluted wastewater to the environment. The analysis of long-term observations shows that the most common pollutants of the Dnieper basin's rivers are nitrites, ammonium nitrogen, biogenic and organic substances, heavy metals, petroleum products, and phenols. Their concentration points to the violation of water quality standards, which have been approved for industrial-economic complexes, reservoirs for fish farming, as well as cultural and community purposes within urban techno-ecosystems. One of the main tasks of ecologically balanced environmental management must be determining the multicomponent impact of toxic emissions and wastes on the environment, especially on the hydrosphere, aimed not only at overcoming the negative consequences, but also preventing the anthropogenic impact. Methodological approaches to assessing natural-anthropogenic influence on the hydrosphere within urban techno-ecosystems are presented. In this research, it is suggested to evaluate natural-anthropogenic impact on hydrosphere by determining the pair correlation at the microelement level. The urgency of this problem is also stipulated by the fact that in recent years there has been a tendency to secondary pollution of natural waters due to the desorption of pollutants of various nature and chemical structure in the corresponding sediments. For the first time, the correlation relationships between the anthropogenic, biogenic, and hydrological characteristics of reservoirs within the urban techno-ecosystems have been investigated; pair-correlation coefficients have been determined; the systematization has been carried out and the main regularities concerning the distribution of microelements in seven groups, taking into account their quantitative content in plankton, has been conducted. As a result of the analysis of pair correlation coefficients between the microelements contained in plankton, the danger classification of these microelements has been made concerning their transfer in the "Plankton/Fish/Human" food chain.*

**Keywords:** hydrosphere, pollution, influence, microelements, correlation.

---

**ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ГІДРОСФЕРУ В МЕЖАХ МІСЬКИХ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ**

**І. М. Подрезенко, Н. С. Остапенко, С. В. Крючкова, В. А. Кириченко, Л. В. Бондаренко,**  
Інститут проблем природокористування та екології Національної Академії наук України,  
вул. Володимира Мономаха, 6, м. Дніпро, 49000, Україна

*Екосистеми гідросфери мають визначальне значення для функціонування міських техноекосистем. На їх екологічний стан найбільший вплив чинять виробничі процеси підприємств, особливо гірничодобувних, які використовують величезні обсяги ресурсів (енергії, матеріалів і води), а повертають до навколишнього середовища масу відходів і забруднених стічних вод. Аналіз багаторічних спостережень показує, що найбільш поширеними забруднювачами річок басейну Дніпра є нітрити, азот амонійний, біогенні та органічні речовини, важкі метали, нафтопродукти і феноли. Концентрація їх свідчить про порушення якісних нормативів води, які затверджені для промислово-господарських комплексів, водойм для розведення риб, а також культурно-побутового призначення в межах міських техноекосистем. З метою не тільки подолання негативних наслідків, а й запобігання техногенного впливу, одним з головних завдань екологічно збалансованого природокористування повинно бути визначення полікомпонентного впливу токсичних викидів і відходів на навколишнє середовище, особливо на гідросферу. Представлено методологічні підходи до оцінки природно-техногенного впливу на гідросферу в межах міських техноекосистем. У цьому дослідженні пропонується оцінювати природно-техногенний вплив на гідросферу шляхом визначення на мікроелементному рівні парного корелювання. Актуальність цієї проблеми обумовлена ще й тим, що в останні роки простежується тенденція вторинного забруднення природних вод унаслідок десорбції забруднювачів різної природи та хімічної структури у відповідних донних відкладеннях. Уперше були досліджені кореляційні взаємозв'язки між техногенними, біогенними та гідрологічними характеристиками водойм у межах міських техноекосистем; визначені коефіцієнти парної кореляції; виконана систематизація та визначено основні закономірності, які стосуються розподілу мікроелементів у семи групах, з урахуванням їх кількісного вмісту в планктоні. В результаті аналізу коефіцієнтів парної кореляції між мікроелементами, що містяться у планктоні, була складена класифікація небезпеки цих мікроелементів щодо перенесення їх в харчовому ланцюзі «Планктон/Риба/Людина».*

**Ключові слова:** гідросфера, забруднення, вплив, мікроелементи, кореляція.

---

**ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ГИДРОСФЕРУ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДСКИХ ТЕХНОЭКОСИСТЕМ**

**И. Н. Подрезенко, Н. С. Остапенко, С. В. Крючкова, В. А. Кириченко, Л. В. Бондаренко,**  
Институт проблем природопользования и экологии Национальной Академии наук Украины,  
ул. Владимира Мономаха, 6, г. Днепр, 49000, Украина

*В данном исследовании предложено оценивать природно-техногенное воздействие на гидросферу путем определения на микроэлементном уровне парной корреляции. Актуальность этой проблемы обусловлена еще и тем, что в последние годы прослеживается тенденция вторичного загрязнения природных вод вследствие десорбции загрязнителей различной природы и химической структуры в соответствующих донных отложениях. В результате анализа коэффициентов парной корреляции между микроэлементами, содержащимися в планктоне, была составлена классификация опасности этих микроэлементов при переносе их в пищевой цепи «Планктон/Рыба/Человек».*

**Ключевые слова:** гидросфера, загрязнения, влияние, микроэлементы, корреляция.

**Вступ**

Потужним антропогенним фактором, який кардинально перетворює ландшафти, земельні та водні ресурси, є урбанізація з прискореним зростанням щільності населення. Майже всі великі міста виростили у крупні промислові центри, розташовані, як правило, поблизу водойм або річок, і вони представляють складні міські техноекосистеми, взаємопов'язані з гідробіосферними екосистемами. В Україні широкомасштабне перетворення природних екосистем, залучення значних обсягів водних і земель-

---

них ресурсів у господарський обіг, забруднення і зміна умов функціонування ландшафтів порушили природну рівновагу, зокрема погіршили якість водно-ресурсного потенціалу та призвели до втрати здатності водних екосистем до самоочищення [5, 19–20]. Екосистеми гідросфери мають визначальне значення для функціонування міських техноекосистем. На їх екологічний стан найбільше впливають технологічні процеси підприємств, особливо гірничодобувних, які використовують величезні обсяги ресурсів (енергії, матеріалів, земельних територій та води), а повертають до навколишнього середовища масу відходів і забруднених стічних вод [5, 9]. Річні обсяги складання розкривних порід гірничодобувних підприємств України досягають 70 млн м<sup>3</sup>, маса відходів збагачення і порожніх порід – майже 52 млн тон; порушено понад 33 тис. га земель, з яких рекультивуються тільки близько 100 га на рік. За результатами сучасної господарської діяльності гірничорудних підприємств у відвалах закладовано більше 2,2 млрд м<sup>3</sup> порожніх порід, у хвостосховищах накопичено 2,6 млрд тон відходів збагачення [5, 12]. У ріку Дніпро та водосховища із різними стоками щорічно потрапляє близько 50 тис. т азотних сполук, 40 тис. т фосфорних, 20 тис. т калійних, 1 тис. т заліза, 40 т нікелю, 2 т цинку, 1 т міді, 0,5 т хрому. До того ж поетапне будівництво ГЕС на річці Дніпро з шестиразовим перекриттям його русла греблями і створенням каскаду водосховищ послужило причиною докорінних змін в основних гідродинамічних і гідравлічних зв'язках з першим водоносним горизонтом [7, 13]. У Дніпропетровській області через це щорічно близько п'ятої частини її території виявляється підтопленою. Оскільки техногенні забруднювачі водою є одночасно найбільшими споживачами води, то проблема оцінювання техногенного впливу на гідросферу набуває щонайпершої вагомості при впровадженні сталого природокористування в межах міських техноекосистем. За обсягами водокористування найбільшим споживачем в Україні станом на 2015 р. є промисловість, доля якої в загальному споживанні свіжої води складає 63,1 % і щорічно на потреби основних її галузей із Дніпра витрачається майже 15 млрд м<sup>3</sup> води [7, 16, 20].

З огляду на високу мобільність водних систем, які зв'язують всі сфери природного середовища, а також їх значимість для життєдіяльності людини, визначення *особливостей оцінки природно-техногенного впливу на гідробіосферні екосистеми є актуальною науковою проблемою.*

На сьогодні в Україні і на державному рівні, і в наукових колах досить активно розробляють шляхи вирішення проблем негативного впливу техногенезу й відходності на складові довкілля та населення. В Інституті проблем природокористування та екології Національної Академії наук України (ІППЕ НАНУ) ґрунтовно займаються такими основними питаннями: моніторингу і розробки техногенних родовищ та дезактивації їх токсичного впливу на прилеглі екосистеми довкілля; визначення екообґрунтованих стратегій природокористування в межах міських техноекосистем; реабілітації порушених техногенним впливом та воєнними діями земель; обґрунтування показників екологічної безпеки життєдіяльності на підставі оцінки шкідливого впливу кислотоутворюючих викидів від стаціонарних джерел (на прикладі гірничо-металургійних комбінатів) [6, 9, 10, 15, 17, 19, 21]. Доведено, що одну з найбільших небезпек як для природи, так і для суспільства, створюють численні викиди в атмосферу оксидів сірки, азоту та вуглецю, які спричиняють кислотні опади, а з ними – небезпечні зміни біотичної складової міських техноекосистем. Тільки на території одного з глибоких (280 м) залізрудних кар'єрів Південного гірничопромислового комбінату загальні щорічні викиди кислотоутворюючих речовин складають:  $CO$  –  $60 \cdot 10^3$  т,  $NO_x$  –  $19 \cdot 10^3$  т,  $SO_2$  – понад  $46 \cdot 10^3$  т [5]. У промислово розвинених країнах (ЄС, США) екологічні проблеми від техногенного впливу були вирішені значною мірою за рахунок або закриття старих гірничо-металургійних підприємств (частково через виснаження корисних копалин), або винесення їхніх виробництв у малорозвинені країни поблизу нових розробок мінерально-сировинних ресурсів. Такій державі, як Україна, доводиться шукати свої особливі шляхи щодо вирішення довкільних негараздів, зважаючи на складну економічно-політичну ситуацію, ведення бойових дій та нестачу коштів; те ж стосується і наукових установ, зокрема ІППЕ НАНУ, чий дослідження націлені на пошук нестандартних методів і підходів до екозбалансованого природокористування. Вивчення міжнародних науково-інформаційних джерел щодо виявлення забруднень важкими металами водою та ґрунтів (методами синхротронної рентгенівської техніки) [3, 13, 23–27], дало змогу сформуванню нетрадиційне розв'язання проблеми забруднення довкілля накопиченими техногенними відходами через створення каскадних технологій із застосуванням штучних мінералогічних бар'єрів. Також ґрунтовно вивчаються проблеми щодо покращення екостану перекритої шістьма греблями ріки Дніпро (включаючи аналіз можливостей поетапного зменшення рівня водосховищ), малих річок у його басейні та прибережних територій морських акваторій [4, 10, 13, 19–

20]. Аналіз багаторічних спостережень показує, що найбільш поширеними забруднювачами річок басейну Дніпра є нітрити, азот амонійний, біогенні й органічні речовини, важкі метали, нафтопродукти та феноли [7, 10, 20]. Унаслідок зарегулювання і незворотного вилучення річкового стоку, евтрофікації, терміфікації та токсифікації водні екосистеми України істотно змінилися. Під впливом міських техноекосистем порушується збалансованість екологічних зв'язків і залежностей між компонентами водного середовища в басейнах річок та підземних водах.

*Мета* досліджень полягала у визначенні особливостей оцінки природно-техногенного впливу на гідробіосферні екосистеми в межах функціонування міських техноекосистем; основним завданням при цьому є вивчення процесів деградаційних змін у гідробіосферних екосистемах та їх компонентах з урахуванням взаємозв'язків на мікроелементному рівні.

### Матеріали і методи досліджень

Дані гідромоніторингу, на основі яких проводились дослідження, визначалися в межах міської техноекосистеми впродовж 2013–2014 рр. для гідросфери Дніпровського водосховища, у якому акумулюються промислові та муніципальні стоки міста Дніпро і прилеглих сільськогосподарських територій. Проби води відбиралися двічі на місяць з 12.03.2013 р. по 12.03.2014 р. у чотирьох встановлених пунктах відбору: біля Кайдацького та Південного мостів, Монастирського острову і гирла річки Самара (притоки ріки Дніпро); а також у трьох колодязях і в одній річковій стариці (на приміських територіях, менш регулярно). Більше 110 проб води досліджувались у Вимірвальній хіміко-аналітичній лабораторії ІППЕ НАНУ щодо визначення основних показників (колір, запах, каламутність, водневий показник, загальна лужність, бікарбонати, сухий залишок, жорсткість, кальцій, магній, натрій, калій, нітрати, біхроматна окисленість та перманганатна окисленість, нітрити, амоній, загальний фосфор) за стандартними методиками [3, 14, 18, 22]. Використано: графічно-аналітичні методи і різновиди хімічних аналізів проб води та її компонентів; декомпозиційний, класифікаційний і кореляційний аналізи еколого-моніторингових даних [3, 10, 11, 22]. Отримано більше 70 графічних парних кореляцій з визначеними гідрохімічними та органолептичними показниками і проаналізовано взаємозв'язки на мікроелементному рівні [4, 10, 13].

### Результати досліджень та їх обговорення

Процеси десорбції і акумуляції забруднювачів є визначальними факторами формування хімічного складу водойм, на які необхідно зважати, оцінюючи якість води [2, 8, 14, 18, 22] в межах міських техноекосистем. Експериментально доведено, що внаслідок багаторічних скидів у гідросферу неочищених стоків відбувається десорбція забруднювачів з донних відкладень у воду. Накопичений (у 2013–2014 рр.) у процесі гідромоніторингу матеріал досліджувався на предмет динаміки близько 20 гідрохімічних і органолептичних показників, а також визначення та синергетичного аналізу коефіцієнтів парної кореляції на мікроелементному рівні [10, 13]. Результати отриманих аналізів свідчать про наявність самоочищення вод Дніпровського водосховища. Самоочищення відбувається через винос речовин у Чорне море, а з іншого боку – осадження речовини у мулах. Шкідливі компоненти, що потрапили у мул, продовжують брати участь у кругообігу «вода → мул → вода», по-перше, за рахунок обмінних реакцій, адсорбції й десорбції, по-друге, за рахунок участі флори й фауни (особливо тварин, що живляться мулом), по-третє, за рахунок безпосередньої сорбції шкідливих речовин з води водними організмами. Остаточо із тваринними організмами (найбільше рибою) шкідливі речовини акумулюються в людині. Той факт, що отримані кореляційні зв'язки мають важливе значення при вивченні впливу техногенезу на гідробіосферні екосистеми, підтверджується прикладами і в інших наукових розробках [2, 3, 7, 15, 16]. Зважаючи на всі розглянуті наукові результати, були системно проаналізовані процеси взаємодії як техногенних, так і біогенних елементів у тканинах водних тварин. Значний вміст у м'язах різних риб складають такі елементи (*в мг/кг сухої ваги*): **K** – 8730–1590; **Ca** – 740–13100; **S** – 6182–1100; **P** – 2500–9977; **Na** – 2600–6184; **Cl** – 2074–3492; **Mg** – 820–2750. У тканинах кожного живого організму є обов'язкові елементи як їхні складові частини. Серед цих елементів виділяється кремній, який має високі кореляційні зв'язки з усіма досліджуваними компонентами, що можна пояснити його високою біофільністю: за низької температури й відсутності нагрівання водної маси «цвітіння» водойм відбувається в результаті розвитку діатомових водоростей. Між біогенними компонентами визначено значимі коефіцієнти кореляції, які вказують на певні закономірності. Виявляється «класична» позитивна залежність кількості біогенних елементів і органічної речовини від бі-

омаси фітопланктону. Форми *N* зв'язані генетично, тому визначається кореляція. Зв'язок між вмістом органічного вуглецю (*Сорг*) і аміаком ( $NH_4^+$ ) визначається в результаті того, що  $NH_4^+$  надходить у воду на початковій фазі розкладання залишків білка. Фактично кореляційні зв'язки між біогенними компонентами свідчать про процеси деструкції органічних речовин, про біохімічне розкладання в поверхневому і придонному шарах водойм.

*Позитивна кореляція* в межах окремих груп відображає генетичний зв'язок і головних іонів, і біогенних компонентів. Надходження в гідросферу мікроелементів відображає фізико-хімічні процеси розчинення порід, що містять воду; а надходження у водойми біогенних компонентів пов'язано з життєдіяльністю гідробіонтів, а також із процесами розкладання залишків рослин. *Негативна кореляція* головних іонів з *Сорг* і біогенними компонентами відображає біологічні процеси зі зниженням їх концентрації. Тут, імовірно, відображаються два незалежних процеси: фізико-хімічний та біохімічний. Фітопланктон є початковою ланкою більшості харчових ланцюгів у водоймі [3, 15]. Запропоновано *систематизацію мікроелементів*, що включає сім груп, які дуже відрізняються за кількістю їх вмісту у планктоні, та охарактеризовано їх небезпечний вплив на гідробіосферні екосистеми. Визначено групу мікроелементів із найбільшим вмістом у планктоні (в % від 1 кг сухої ваги): **1** – *P*(0,37–0,96); *Na*(0,29–0,34). Далі в порядку зменшення за кількістю їх вмісту в планктоні, визначено такі угруповання мікроелементів (в мг/кг сухої ваги): **2** – *Cu*(3934–90530), *Fe*(472,9–965,1); **3** – *Si*(33,8–123,9), *Sr*(7,5–61,4), *Zn*(30,8–34,2); **4** – *Rb*(5,6–8,4), *Br*(1,3–4,4), *Ni*(1,4–2,8); **5** – *Ca*(0,567–1,130), *K*(0,262–0,526), *S*(0,206–0,491); **6** – *Mg*(0,141–0,184), *Cl*(0,131–0,165); **7** – *Al*(0,000369–0,000973), *Mn*(0,0000344–0,0000791).

При цьому встановлено таку *особливість* визначеної систематизації: елементи з однаковим вмістом їх у планктоні не мають значних коефіцієнтів кореляції, тільки в групі **4** між *Rb-Br* коефіцієнт парної кореляції досягає 0,84.

У результаті аналізу коефіцієнтів парної кореляції між мікроелементами, що містяться в планктоні, була складена *класифікація небезпеки* (табл.) цих мікроелементів щодо перенесення їх у харчовому ланцюгу «Планктон/Риба/Людина».

**Класифікація небезпеки мікроелементів щодо перенесення їх у харчовому ланцюгу «Планктон/Риба/Людина»**

Елементи (атомний номер)	Значення коефіцієнтів парної кореляції	Характер переносу елементів планктоном	Небезпека
<i>Na</i> (11); <i>Mg</i> (12); <i>Al</i> (13); <i>Si</i> (14); <i>P</i> (15); <i>S</i> (16); <i>Cl</i> (17); <i>K</i> (19); <i>Ca</i> (20)	Близькі до 1	Переносяться в комплексі органічних сполук планктону	Нетоксичні
<i>Mn</i> (25); <i>Fe</i> (26)	В середньому 0,70	Переносяться переважно в комплексі органічних сполук планктону, частково як сорбційні елементи	Мала
<i>Zn</i> (30); <i>Br</i> (35); <i>Rb</i> (37); <i>Sr</i> (38)	В середньому 0,54	Майже в рівних кількостях переносяться в комплексі органічних сполук та як сорбційні елементи	Помірна
<i>Ni</i> (28); <i>Cu</i> (29)	Кореляційний зв'язок відсутній	Переносяться як сорбційні елементи	Висока

**Висновки**

У цілях не тільки подолання негативних наслідків, але й запобігання небезпечного впливу на гідросферу, на основі аналізу даних моніторингу були досліджені кореляційні взаємозв'язки між техногенними, біогенними та гідрологічними характеристиками водойм у межах міських техноекосистем; визначено основні закономірності, які стосуються розподілу мікроелементів у семи групах, враховуючи їх кількісний вміст у планктоні. Збільшення перенесення мікроелементів у сорбційному стані в харчовому ланцюгу «Планктон/Риба/Людина» відповідає зменшенню значень коефіцієнтів парної кореляції, а також зростанню їх небезпеки для живих організмів.

Отже, мікроелементи, які потрапляють в організм шляхом сорбції, є найбільш небезпечними за біологічним впливом. Крім того мікроелементи в планктоні, які були систематизовані за величиною коефіцієнтів

парної кореляції, відповідають певному їх положенню в Періодичній системі. Це відображає глибину природної взаємодії мікроелементів в усіх семи групах запропонованої систематизації.

*Перспективи подальших досліджень.* Отримані результати мають важливе практичне значення для продовження досліджень щодо мікроелементного характеру поведінки відходів і стоків на рівні трансграничних зон природних сфер, а також взаємодії техногенних і біогенних елементів. Важливим продовженням цих досліджень, крім цього, має бути розв'язання завдання щодо забезпечення екологічних стандартів технологій природокористування в межах технооекосистем.

### Reference

1. Verner, I. Ie. (Ed.) (2017). *Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2016 rik*. Kyiv: Derzhstat [In Ukrainian].
2. Dmitrieva, E.L., Shevchenko, T.V., & Vernichenko-Cvetkov, D.Yu. (2006). Ocenka vliyaniya fitoplanktona na ekologicheskoe sostoyanie verhovya Dneprodzerzhinskogo vodohranilisha. *Ekotehnologii i resursosberezhenie*, 1, 57–65 [In Russian].
3. Karnauhova, G. A. (2008). Gidrohimiya Angary i vodohranilish Angarskogo kaskada. *Vodnye resursy*. 35 (1), 72–80 [In Russian].
4. Kirichenko, V. A., Kryuchkova, S. V., & Ostapenko, N. S. (2013). K voprosu ocenki tehnogenogo vozdejstviya na ekologicheskoe sostoyanie pribrezhnoj zony morskoy akvatorii. *Hidroakustychnyi zhurnal (Problemy, metody ta zasoby doslidzhen Svitovoho okeanu)*, 10, 118–126 [In Russian].
5. Kopach, P. I., Shapar, A. G., & Shvarcman, V. M. (2006). *Tehnogenez i kislotnye dozhdі*. Kiev: Naukova dumka [In Russian].
6. Logvin, V. N., & Pigulevskij, P. I. (2016). Analiz transformacij ishodnyh polej dlya formalizovannogo okonturivaniya ih istochnikov. *Geoinformatika: teoreticheskie i prikladnye aspekty: mater. XV Mezhd. konf.* Kiev. Retrieved from: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=84578> [In Ukrainian].
7. Moiseenko, T. I. (2009). *Vodnaya toksikologiya: Teoreticheskie i prikladnye aspekty*. Moskva : Nauka [In Russian].
8. Osadchyi, V. I., Nabyvanets, B. I., Osadcha, N. M., & Nabyvanets, Yu. B. (2008). *Hidrokhimichni dovidnyk: Poverkhnevi vody Ukrainy. Hidrokhimichni rozrakhunky. Metody analizu*. Kyiv: Nika-Tsentr.
9. Ostapenko, N. S., Bondarenko, L. V., Kirichenko, V. A. (2018). Operativnaya ekologo-radiogeohimicheskaya ocenka rajonov ugledobychi Ukrainy na primere zapadnogo Donbassa. *Podzemnaya ugledobycha XXI vek - AO «SUEK-Kuzbass»: materialy Mezhd. nauch.-prakt. konf.* Kemerovo: IPKON RAN. doi: 10.25018/0236-1493-2018-11-49-535-543. [In Russian].
10. Pigulevskij, P. I., Tyapkin, O. K., & Podrezenko, I. N. (2016). K voprosu ocenki negativnyh ekologo-ekonomicheskikh posledstvij prirodno-tehnogenogo vliyaniya na gidrosferu. *Kompleksnye problemy tehnosfernoj bezopasnosti: mater. Mezhd. nauch.-prakt. konf.* Voronezh: FGBOU VO «VGTU» [In Russian].
11. Pigulevskiy, P., Svistun, V., Slobodyaniuk, S., & Kyryliuk, A. (2016). Vyvchennia suchasnoho pidtoplennia pıvdenno-zakhidnoi chastyny Kryvbasu heofizychnymy metodamy. *Geoinformatika: teoreticheskie i prikladnye aspekty: mater. XV Mezhd. konf.* doi:10.3997/2214-4609.201600477 [In Ukrainian].
12. Podrezenko, I. M., Ostapenko, N. S., Kriuchkova, S. V., & Kyrychenko, V. A. (2013). Vyznachennia imitatsiino-modelnykh pidkhodiv do znyzhennia vidkhodnosti u metalurhiinomu kompleksi z pozytsii ekoobgruntovanoho pryrodokorystuvannia. *Povodzhennia z vidkhodamy v Ukraini: zakonodavstvo, ekonomika, tekhnolohii: materialy Natsionalnoho forumu*. Kyiv-Luhansk [In Ukrainian].
13. Podrezenko, I. M., Ostapenko, N. S., Tiapkin, O. K., Kriuchkova, S. V., Kyrychenko, V. A., Dzhzhulei, O. V., & Yaroshenko, N. A. (2015). Osoblyvosti vrakhuvannia biotychnoi skladovoi pry formuvanni intehralnoi otsinky stanu vodnykh ekosystem v umovakh tekhnogennoho vplyvu. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*, 2(1), 78–87. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau\\_2015\\_2%281%29\\_\\_1310](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2015_2%281%29__1310) [In Ukrainian].
14. Romanenko, V. D. (2004). *Osnovy gidroekologii*. Kiev: Geneza [In Russian].
15. Rudneva, N. A. (2001). *Tyazhelye metally i mikroelementy v gidrobiontah Bajkalskogo regiona*. Ulan-Ude: BNC SO RAN [In Russian].

16. Sakevych, O. I., Usenko, O. M., & Balanda, O. V. (2009). *Biokhimichniy analiz vodiannykh rosllyn*. Kyiv: Lohos [In Ukrainian].
17. Skripnik, O. A. (2018). Reabilitaciya narushennykh zemel ugolnyh predpriyatij Zapadnogo Donbassa putem sozdaniya tehnogennykh landshaftnykh zakaznikov. *Podzemnaya ugledobycha XXI vek – AO «SUEK-Kuzbass»: materialy Mezhd. nauch.-prakt. konf.* Kemerovo: IPKON RAN. doi:10.25018/0236-1493-2018-11-49-551-559 [In Russian].
18. Timchenko, V. M. (2006). *Ekologicheskaya gidrologiya vodoemov Ukrainy*. Kiev: Naukova dumka [In Russian].
19. Shapar, A. H. (2014). Vplyv ekostanu hidrosfery na funktsionuvannya zhyvoi pryrody i bezpeku zhyttiediialnosti naseleння. *Ekolohiia i pryrodokorystuvannya: zbirnyk nauk. prats IPPE NAN Ukrainy*, 18, 11–19 [In Ukrainian].
20. Shapar, A. H., Skrypnyk, O. O., & Smetana, S. M. (2011). Ekoloho-ekonomichni problemy perevodu ekosystemy richky Dnipro do rezhymu staloho funktsionuvannya. *Ekolohiia i pryrodokorystuvannya: zbirnyk nauk. prats IPPE NAN Ukrainy*, 14, 26–48 [In Ukrainian].
21. Shapar, A. H., Skrypnyk, O. O., Pihulevskyi, P. H. (2014). Zahostrennia problem ekolohichnoi skladovoi natsionalnoi bezpeky u tekhnohenno navantazhenykh rehionakh Ukrainy. *Naukovyi visnyk NA SB Ukrainy*, 53, 70–76 [In Ukrainian].
22. Yatsyk, A. V., Zhukynskyi, V. M., Cherniavska, A. P. (2006). *Dosvid vykorystannia «Metodyky ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriiamy»*. Kyiv: Oriiany [In Ukrainian].
23. Goldberg, S., Johnston, C.T. (2001). Mechanisms of arsenic adsorption on amorphous oxides evaluated using macroscopic measurements, vibrational spectroscopy, and surface complexation modeling. *J. Colloid Inter. Sci.*, 234, 204–216.
24. Lien, H.-L., & Wilkin, R. T. (2005). High-level arsenite removal from groundwater by zero-valent iron. *Chemosphere*, 59 (3), 377–386. doi:10.1016/j.chemosphere.2004.10.055.
25. Manceau, A., Lanson, M., & Geoffroy, N. (2007). Natural speciation of Ni, Zn, Ba, and As in ferromanganese coatings on quartz using X-ray fluorescence, absorption, and diffraction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71 (1), 95–128. doi:10.1016/j.gca.2006.08.036.
26. Sherman, D. M., & Randall, S. R. (2003). Surface complexation of arsenic(V) to iron(III) (hydr)oxides: structural mechanism from ab initio molecular geometries and EXAFS spectroscopy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67 (22), 4223–4230. doi:10.1016/s0016-7037(03)00237-0.
27. Wilkin, R. T., Su, C., Ford, R. G., & Paul, C. J. (2005). Chromium-Removal Processes during Groundwater Remediation by a Zerovalent Iron Permeable Reactive Barrier. *Environmental Science & Technology*, 39 (12), 4599–4605. doi:10.1021/es050157x.

Стаття надійшла до редакції 24.05.2019 р.

**Бібліографічний опис для цитування:**

Подрезенко І. М., Остапенко Н. С., Крючкова С. В., Кириченко В. А., Бондаренко Л. В. Особливості екологічної оцінки природно-техногенного впливу на гідросферу в межах міських техноекосистем. *Вісник ПДАА*. 2019. № 2. С. 70–76.

© Подрезенко Ігор Миколайович, Остапенко Наталія Сергіївна, Крючкова Світлана Вікторівна, Кириченко Вікторія Анатоліївна, Бондаренко Лариса Володимирівна, 2019