

*Валентина СТАРЧАК, Олександр БОНДАР, Ірина ПУШКАРЬОВА,
Наталія БУЯЛЬСЬКА, Григорій МАЧУЛЬСЬКИЙ, Юлія ЧАЙКА,
Ярослава ЛАВРІНЕНКО*

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕХНОПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

*Чернігівський національний педагогічний університет ім. Т. Г. Шевченка
14013, м. Чернігів, вул. Гетьмана Полуботка, 53. E-mail: stcibula@yandex.ru*

*Державна екологічна академія
м. Київ, вул. Урицького, 35*

*Valentyna STARCHAK, Oleksandr BONDAR, Iryna PUSHKARYOVA,
Nataliya BUJALSKA, Grygoriy MACHULSKI, Yuliya CHAIKA, Yaroslava LAVRINENKO*

THE ECOLOGICAL SAFETY OF TECHNONATURAL ECOSYSTEMS ON CONDITIONS OF TECHNOGENOUS HEAVY METALS INFLUENCE

*Chernigiv National Educational University named T.G. Shevchenko
53, Getmana Polubotka, Chernigiv, 14013, Ukraine. E-mail: stcibula@yandex.ru*

*State Ecological Academy
35, Urickogo, Kyiv, Ukraine*

ABSTRACT

There are presented experimental researches of technogenous contamination influence on ecological danger of the technonatural ecosystems: soil, atmosphere air, surface water, biote and technical constructions, engineer communications, which work in the natural mediums.

It is established the correlating dependences "Technogenous contamination by heavy metals – ecological danger technonatural ecosystems", with the integral characteristics of technogenous-ecological danger to the biotic and abiotic components of biosphere.

It is showed increasing of technogenous-ecological safety by the protection compositions on the secondary raw material with addition polydentatic ligandes, forming metallochelating nanostructuric films on the metal surface and insoluble metallochelating complexes, which convert the mobiling forms to non-mobiling with decreasing of heavy metal toxicity.

KEY WORDS: technonatural systems, technogenous-ecological danger, heavy metals, integral indexes contamination, protection corrosion compositions.

ВСТУП

Техноприродні системи – це сукупність технічних споруд, інженерних комунікацій та компонентів природного середовища (грунт, водойми, атмосферне повітря), де експлуатуються металоконструкції, часто спричиняючи техногенний вплив на біотичну та абіотичну складові біосфери [1-3].

Глобальні екологічні проблеми, такі як накопичення відходів, техногенне забруднення довкілля, ризик техногенних аварій та небезпека екологічних катастроф із загибеллю людей, флори, фауни, потребує нагального вирішення та розробки засобів забезпечення охорони техноприродних екосистем, зокрема: акваторій, повітря, педосфери, де працює підземний, підводний трубопровідний транспорт та інші інженерні споруди [4-9]. Екологічний стан довкілля при експлуатації потенційно екологічно небезпечних об'єктів, погіршується із-за постійно зростаю-

чого техногенного забруднення, особливо важкими металами – ВМ (НМ), внаслідок руйнівних процесів, що інтенсифікуються при їх накопиченні, а також негативно впливають на біоту [4, 10-13].

На відміну від багатьох токсикантів, важким металам не властиві процеси самоочищення, притаманна велика токсичність та стійкість у навколишньому середовищі [14-16]. Їх токсичність та негативна дія на металоконострукції залежать від багатьох факторів: хімічної та біологічної активності, елементарних реакцій на міжфазових границях, утворення вільних радикалів, масопереносу речовини та її розподілу у біотичних, абіотичних компонентах, молекулярних та іонних процесів, що відбуваються з речовинами в техноприродних екосистемах, з утворенням первинних, вторинних токсикантів, а також за участю важких металів та їх сполук у реакціях осаження, протолітичних, редоксиметричних, комплексоутворюючих, що зумовлює також можливе первинне, вторинне інгібування металоконострукцій [4, 10, 14-20].

Це потребує інтегральної оцінки техногенного забруднення – ТЗ (ТС) важкими металами (НМ) техноприродних систем – TNS, (через сумарні показники забруднення атмосферного повітря, ґрунту та поверхневих вод) та їх вплив на акумуляцію екотоксикантів рослинами, тривкість конострукційних металів та корозійно-механічні руйнування інженерних комунікацій та технічних споруд, а також розробки захисних копозицій комплексної дії: зменшення ТЗ (ТС), перетворенням їх у нерухоми форму, що унеможлиблює накопичення ВМ – НМ в біоті – з одного боку, та підвищення тривкості, витривалості металоконострукцій, за рахунок модифікації поверхні наноструктурними металохелатними плівками [2-8, 10-14, 17-30] – з другого боку.

Мета роботи – встановити кореляційні зв'язки «Техногенне забруднення важкими металами техноприродних систем за інтегральною оцінкою – техногенно-екологічна небезпека техносфери (тривкість металоконострукцій) та біосфери (акумуляція в рослинах, вплив на здоров'я людини) та її зменшення захисними поліфункціональними копозиціями комплексної дії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджували техногенне забруднення довкілля важкими металами (Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Zn), за інтегральною оцінкою, та його дію на деревну рослинність (листя тополі та ін.) здоров'я людини та металоконострукції навколо екологічно небезпечних підприємств Чернігівщини (ЧТЕЦ, ЧеЗаРа, ЧП «Хімволокно») в межах санітарно-захисної зони (СЗЗ) та поза нею. Використовували інтегральні показники ТЗ довкілля важкими металами [1-4, 7, 11, 22, 26-33]:

- сумарний показник безпеки ТЗ атмосферного повітря – $K_{H\Sigma}(A) - K_{d\Sigma}(A)$ як сума індивідуальних $K_{n_i} - K_{d_i}(Pb, Cu, Ni, Zn)$, $K_{H\Sigma} = \Sigma K_{n_i}$, $K_{d_i} = C_i / \Gamma_{DKc.d.};$
- сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами – $Z_c (Pb, Cd, Cu, Ni)$, $Z_c = \Sigma K_i - (n-1);$
- сумарний показник безпеки ТЗ (ТС) атмосфери, ґрунту $K_{T\Sigma(A+Г)} - K_{TC};$
- індекс забруднення води – ІЗВ (ICW), в т.ч. важкими металами (Cr, Cu, Ni, Zn), на прикладі річок Чернігівщини: Десна, Стрижень, Білоус, $ІЗВ = (\Sigma C_i / \Gamma_{DKrg.}) / p;$
- сумарний коефіцієнт акумуляції ТЗ важкими металами в листях тополі та проростках – $K_{ac.}, K_{ac.} = C_{росл.} / C_{гр.}$ (табл. 1);
- показник тривкості конострукційних матеріалів в забрудненому важкими металами ґрунті – $K_{KM} (K_{CM}), K_{KM}$ визначали за ГОСТ 13819, за групами тривкості (1...6) та десятибальною шкалою (табл.1);
- показник впливу ІЗВ на малоциклову втому (МЦВ) сталі в поверхневих водах – β та показник ступеня захисту сталі від МЦВ (LCF) – $\gamma_c^N, \gamma_n^N. \beta_c^N = N_a / N_c, \beta_n^N = N_a / N_n, \gamma_c^N = N_c' / N_c, \gamma_n^N = N_n' / N_n, N_c$ та N_n – число циклів до руйнування сталі при малоцикловому навантаженні (машина ІП-2) в забрудненій річній воді (корозійне середовище) та в наводнювальному середовищі (з катодною поляризацією, $i_k = 0,1 A/cm^2$). Штрих – із захистом;
- інтегральний показник безпеки ТЗ – $I_H (I_d), I_H = \Sigma K_{H\Sigma} + Z_c + K_{ac.} + K_{KM}.$

У роботі використані екологічні, хімічні, фізичні, фізико-хімічні методи аналізу та фізико-механічні випробування конструкційних матеріалів інженерних споруд, щодо ТЗ ґрунту, поверхневих вод, за стандартними методиками [1-4, 7, 11, 20-22, 26-33].

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Експериментальні дані обробляли методами математичної статистики з визначенням стандартної похибки S , яка становить при $n=6$, $t=2,75$ і довірчої імовірності 0,95: $S = \pm 5 \dots 10\%$. Визначали також коефіцієнт кореляції r регресійним аналізом за методом найменших квадратів. Малоімовірні дані відкидали з врахуванням Q -критерію.

Результати експериментів представлені в табл. 1-5, рис. 1-3.

Таблиця 1. Сумарні, інтегральні показники небезпеки ТЗ ґрунту (Г), атмосферного повітря (А), рослин (Р), впливу на тривкість сталі 20, за 10-бальною шкалою

Table 1. The integral coefficients of danger TC soil (S), air (A), plants (P), of influence on the corrosion resistance of steel 20 (10-ball scale)

| Показники небезпеки ТЗ (Indexes of danger TC) | ЧТЕЦ (ChTETc) | | ЧеЗаРа (CheZaRa) | | ЧП «Хімволокно» (ChP"ChV") | |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1. $K_{H\Gamma}(A) - K_{д\Gamma}(A)$ | 8 | 10 | 5 | 6 | 7 | 9 |
| 2. $Z_c(\Gamma) - (S)$ | 41 | 55 | 33 | 45 | 35 | 49 |
| 3. $K_{T3(A+\Gamma)} - K_{TC(A+S)}$ | 49 | 65 | 38 | 51 | 42 | 58 |
| 4. $K_{ac}(P)$ | 4 | 4,6 | 3,0 | 3,8 | 3,4 | 4,2 |
| 5. $K_{KM}(K_{CM})$ | 7 | 9 | 5 | 7 | 6 | 8 |
| 6. $I_H(I_d)$ | 60 | 79 | 46 | 62 | 51 | 70 |
| 7. Бал ТЗ ТПС (Ball TC TNS) | 5 | 6 | 3 | 5 | 4 | 6 |
| 8. Екологічний стан ТПС (ecological state TNS) | незадовільний | передкризовий | напружений | незадовільний | складний | передкризовий |

*/ $K_{ac} = C_p/C_s$, 1 та 2 по вертикалі – в межах СЗЗ (SPZ) та поза нею (в околі C_{max} за параметрами DCA – ПСП, R [33], 7, 8 – за табл. 2, з доповненням до [1-3, 7, 29]).

Таблиця 2. Ранжування інтегральних показників (ІП) екологічної небезпеки ТЗ техноприродних систем (ТПС)

Table 2. The ranking of the integral coefficients (IC) ecological danger TC technonatural systems (TNS)

| ІП (IC) | Екологічний стан, бали (Ecological state, ball) |
|----------|-------------------------------------------------|
| 0...20 | 1 – нормальний (normal) |
| 20...40 | 2 – задовільний (satisfy) |
| 40...50 | 3 – напружений (stressed) |
| 50...60 | 4 – складний (complicated) |
| 60...70 | 5 – незадовільний (non-satisfy) |
| 70...80 | 6 – передкризовий (precrisis) |
| 80...90 | 7 – критичний (critical) |
| 90...100 | 8 – кризовий (crisis) |
| > 100 | 9 – катастрофічний (catastrophic) |

З табл. 1, 2 та рис. 1, 2 видно, що збільшення техногенного забруднення ТПС значно знижує тривкість конструкційних матеріалів (сталі 20) інженерних споруд та підвищує акумуляцію важких металів (Pb, Cd, Cu, Ni) в рослинах (листя тополі). В межах СЗЗ техногенний вплив помітно менший, ніж поза СЗЗ в околі C_{max} .

Розроблені захисні композиції з утилізацією регіональних відходів (К, КУБ, МП та ін.) на основі комплексного кореляційного аналізу «Електронна структура інгібуючої добавки на-

ноструктурних металохелатоутворювачів (1,2-Im, 1,2-BIm та ін.), термодинамічні характеристики, за MNDO-PM3 – захисна дія від ТЗ важкими металами ґрунту, атмосферного повітря, поверхневих вод, тривкість металоконструкцій та їх малоциклова витривалість» [11, 27-29]. Зменшення впливу ТЗ на Г, А, Р пов'язано з переводом рухомих форм ВМ в нерухомі, що обмежує їх накопичення в рослинах (рис. 2) за рахунок утворення стійких металохелатних комплексів та їх адсорбції на цеолітах. Разом з тим спостерігається утворення наноструктурних металохелатних плівок на поверхні металоконструкцій, що підвищує їх корозійну тривкість та покращує екостан ТПС в цілому:

| | | | |
|---------------------------------------------|----|----|----|
| $I_d - I_H$, бал (ball) екостан (ecostate) | | | |
| without protection- без захисту | 3 | 4 | 5 |
| with PC - Із ЗК | 2 | 3 | 4 |
| I_d with PC - I_H із ЗК | 38 | 45 | 55 |

Це означає, що екостан ТПС із напруженого (бал 3), перетворюється в задовільний (бал 2), із складного (бал 4) в напружений (бал 3), із незадовільного (бал 5) в складний (бал 4), що підвищує тривкість сталі 20 на 2 бали і відповідно від 5 групи тривкості металів, бал 7 – понижено тривкі до 3 групи тривкості металів, бал 5 – тривкі (рис. 1, табл. 1, 2).

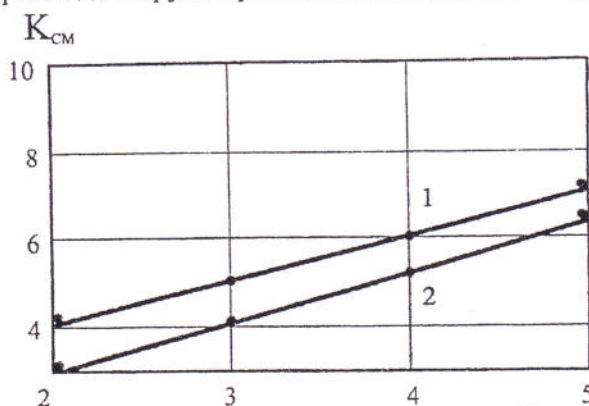


Рис. 1. Кореляційна залежність K_{CM} (сталі 20) від екостану ТПС (x, в балах)

1 – без захисту: $K_{CM} = 2 + x$, $r = 0,94$;
2 – із ЗК: $K_{CM} = 1 + x$, $r = 0,95$.

Fig. 1. The correlative dependence K_{CM} from ecostate TNS (x, ball): 1 – without protection, 2 – with PC.

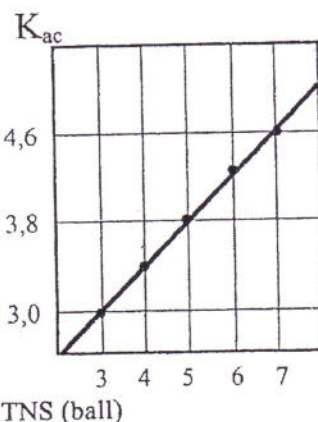


Рис. 2. Кореляційна залежність K_{ac} (листя тополі) від екостану ТПС (x, в балах)

$K_{ac} = 1,8 + 0,4x$.

Fig. 2. The correlative dependence K_{ac} (foliage of poplar) from ecostate TNS (x, ball).

Дослідження ICW – ІЗВ (Cu, Cr, Ni, Zn) річної води в сертифікованій лабораторії державної Чернігівської екоінспекції показало, що захисна композиція знижує ІЗВ (табл.3, рис. 3) у 2,3...3,6 рази, підвищуючи якість поверхневих вод (з брудної, забрудненої – до помірно забрудненої, а з помірно забрудненої до чистої). Більш інтенсивне утворення нерозчинних металохелатних комплексів Деснянської води (ІЗВ знижується в 2,6...3,6 рази) пов'язано із більш значним вмістом активних комплексоутворювачів (Cu^{2+} , Ni^{2+} , які утворюють металохелати з високою $K_{st} = 10^{10} \dots 10^{20}$). Зменшення ІЗВ обумовлює зниження коефіцієнтів впливу забрудненого ВМ середовища – β_c^N в 1,3...1,8 раз і фактично нівелюючи різницю в малоцикловій витривалості сталі 20 ($\beta_c^{N'} = 1,02 \dots 1,07$, ($N_c^{N'} = 4570 \dots 4790$). $N_c^{N'}$ досягає практично N_a (4900). Якщо β_c^N із ЗК знижується в 1,2...1,8 разів, то в наводнювальному середовищі β_n^N знижується із ЗК в 2,2...3,2 рази. Характерно, що в корозивному середовищі (поверхнева вода), $\beta_c^{N''}$ – адитивна величина двох $\beta_c^{N'}$ з добавкою відходу К (КУБ) та інгібіторів (1,2-Im, 1,2-BIm). У наводнювальному середовищі (річна вода з катодною поляризацією) $\beta_n^{N''}$ – синергічна величина: $\gamma_{син} = 1,5 \dots 1,8$ ($\gamma_{син} = [(\beta_n^{N' (к)} + \beta_n^{N' (ін)}) - 1] / \beta_n^{N''}$). Це свідчить про інтенсифікацію утворення наноструктурних металохелатних плівок на поверхні металовиробу – катоді (табл. 4, рис.3), що має значення при катодному захисті підземних, підводних металоконструкцій.

Без ЗК підвищення техногенного забруднення поверхневих вод ВМ (ІЗВ – від 2,2 до 5,99 – в 2,7 раз) збільшує K_{ac} (табл. 5, рис. 3) в 1,4 рази. Із ЗК при збільшенні ІЗВ (від 0,6 до

2,45) K_{ac} підвищується в 1,2 рази. При максимальному ІЗВ – 5,99 – Білоус (2), $K_{ac}=1,85$. Зниження ІЗВ до 2,45, зменшує K_{ac} в 1,4 рази.

Таблиця 3. Сумарний показник небезпеки ТЗ (ТС) поверхневих вод - ІЗВ
Table 3. The integral coefficients of TC surface water - ISW

| Річка (Riwer) | Без ЗК – without PC | | Екологічний стан (Ecological state) | Із ЗК – with PC | | Екологічний стан (Ecological state) |
|-----------------------|---------------------|------|-------------------------------------|-----------------|------|-------------------------------------|
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | |
| 1. Десна (Desna) | 2,22 | 2,49 | Помірно забруднена | 0,61 | 0,95 | Чиста |
| 2. Стрижень (Strigen) | 3,12 | 3,91 | Забруднена | 1,30 | 1,69 | Помірно забруднена |
| 3. Білоус (Bilous) | 4,92 | 5,99 | Брудна | 2,05 | 2,45 | Помірно забруднена |

*/ 1, 2 – 1 км вище, нижче скиду стічних вод
1, 2 – 1 km higher and lower of disposal of waste waters

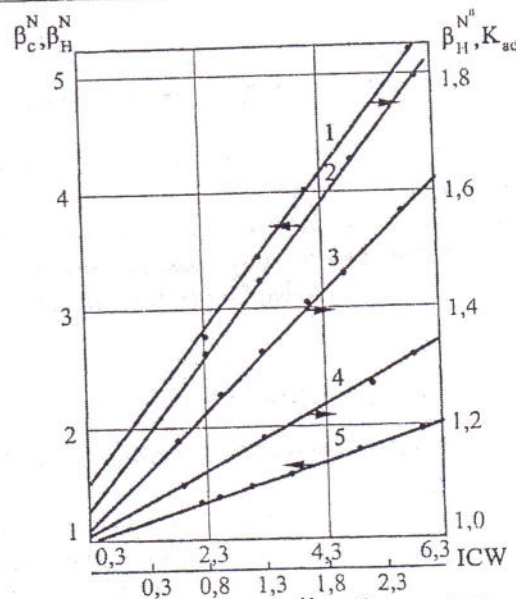


Рис 3. Кореляційна залежність ($\beta_c^N, \beta_n^N, K_{ac} = f(x), x = \text{ІЗВ} - \text{ICW}$)

Fig. 3. The correlative dependence ($\beta_c^N, \beta_n^N, K_{ac} = f(x), x = \text{ICW}$)

- 1 – $K_{ac} = 1,1 + 0,12x$ (without PC), $r = 0,96$;
- 2 – $\beta_n^N = 1,25 + 0,63x$ (without PC), $r = 0,95$;
- 3 – $\beta_n^{N//} = 1,08 + 0,2x$ (with PC), $r = 0,97$;
- 4 – $K_{ac} = 1,02 + 0,11x$ (with PC), $r = 0,97$;
- 5 – $\beta_c^N = 1,0 + 0,16x$ (without PC), $r = 0,96$.

Таблиця 4. Коефіцієнти впливу ТЗ поверхневих вод на малоциклову втому сталі 20 - β_n^N
Table 4. Influence coefficients of TC surface waters on a low-cycle fatigue (LCF) of steel 20 - β_n^N

| Річка (Riwer) | Без ЗК – without PC, β_n^N | | Із ЗК – with PC, $\beta_n^{N//}$ | | N_n | $N_n^{//}$ | $\gamma_{син}$ |
|-----------------------|----------------------------------|------|----------------------------------|------|-------|------------|----------------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | | | |
| 1. Десна (Desna) | 2,60 | 2,75 | 1,19 | 1,26 | 1780 | 3890 | 1,5 |
| 2. Стрижень (Strigen) | 3,21 | 3,71 | 1,33 | 1,41 | 1320 | 3470 | 1,6 |
| 3. Білоус (Bilous) | 4,31 | 5,02 | 1,47 | 1,56 | 980 | 3140 | 1,8 |

*/ β_n^N та $\beta_n^{N//}$ – коефіцієнти впливу ТЗ поверхневих вод на малоциклову втому (при катодній поляризації, $i_k=0,1 \text{ A/cm}^2$). $\beta_n^N = N_a/N_n$, N – цикли до руйнування в повітрі та наводнювальному середовищі, $N_a=4900$, $N_n^{//}$ – із ЗК. 1, 2 – 1 км вище, нижче скиду стічних вод
 β_n^N and $\beta_n^{N//}$ – influence coefficients TC on LCF (with cathodic polarization, $i_k = 0,1 \text{ A/cm}^2$). $\beta_n^N = N_a/N_n$, N – cycles before failure in air and hydrogenating medium, $N_n^{//}$ – with PC,
1, 2 – 1 km higher and lower of disposal of waste waters

Таблиця 5. Сумарний коефіцієнт акумуляції ВМ в проростках ячменю – K_{ac}

Table 5. The integral coefficients of heavy metals (HM) accumulation in the growth vegetation barley - K_{ac}

| Річка (Riwer) | Без ЗК – without PC | | Із ЗК – with PC | |
|----------------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | K_{ac} | IZW | K_{ac} | IZW |
| 1. Десна (Desna) | 1,35 | 2,22 | 1,10 | 0,61 |
| 2. Стрижень (Strigen), 1/2 | 1,48/1,59 | 3,12/3,91 | 1,17/1,25 | 1,30/2,05 |
| 3. Білоус (Bilous) | 1,85 | 5,99 | 1,30 | 2,45 |
| 1, 2 – 1 km higher and lower of disposal of waste waters | | | | |

ВИСНОВКИ

1. Встановлено кореляційні зв'язки між інтегральними показниками техногенно-екологічної безпеки техноприродних систем та корозійною тривкістю конструкційних матеріалів підземних, підводних інженерних споруд й сумарним показником акумуляції важких металів у рослинах. ТЗ (ТС) по трофічних ланцюгах потрапляє в організм тварин, людини. Відмічено підсилення хронічних захворювань населення в околі досліджених підприємств.

2. Із збільшенням інтегрального показника ТЗ важкими металами Cu, Cr, Ni, Zn – ІЗВ зростають коефіцієнти впливу поверхневих вод на малоциклову корозійну та водневу втому (β_c^N, β_n^N).

3. Захисна композиція у корозивному середовищі діє за адитивним, а в наводнювальному – за синергічним механізмом: $\gamma_{син} = 1,5 \dots 1,8$.

4. Проведені дослідження можуть бути підґрунтям для визначення прогнозованої оцінки рівнів техногенних ризиків та негативного впливу важких металів на біоту, а також використання розроблених композицій в складі лакофарбових покриттів для захисту підземних і підводних інженерних споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища / За ред. О. І. Бондаря, Г. І. Рудька. – К.: ЕКМО, 2004. – 423 с.
2. Шмандій В. М., Некос В. Ю. Екологічна безпека. – Х.: ХНУ, 2008. – 436 с.
3. Шмандій В. М. Определение степени техногенной опасности машиностроительных предприятий // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонГТУ. – Вып. 6. – Т. 3. – С. 287-290.
4. Механіка руйнувань матеріалів і міцність конструкцій / Під ред. акад. В. В. Панасюка. – Львів: Каменяр, 1999. – Т. 1. – 352 с., Т.2. – 346 с., Т. 3. – 286 с.
5. Нормування антропогенного навантаження на НПС / В. Ю. Некос, Н. В. Максименко, О. Г. Владимірова та ін. – Х.: ХНУ, 2007. – 288 с.
6. Охрана окружающей природной среды / Г. В. Дуганов, М. З. Лавриненко, В. А. Петин и др. – К.: ВЦ, 1998. – 304 с.
7. Рудько Г. І., Адаменко О. М. Конструктивна геоecология: наукові основи та практичне втілення. – Ч.: Маклаут, 2008. – 320 с.
8. Екологічне управління / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г. О. Білявський та ін. – К.: Либідь, 2004. – 432 с.
9. Качинський А. Б., Хміль Т. А. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.
10. Панасюк В. В. Фізико-хімічна механіка конструкційних матеріалів: здобутки та перспективи. – В кн.. Сучасне матеріалознавство ХХІ сторіччя. – К.: Наук. думка, 1998. – С. 565-589.
11. Наукові основи підвищення екологічної безпеки металоконструкцій модифікацією їх поверхні у протикорозійному захисті / В. Г. Старчак, Н. П. Буяльська, С. Д. Цибуля та ін. // Фіз.-хім. механіка матер. – 2004. – Спецвипуск № 4. – Т. 2. – С. 853-859.
12. Дорогунцов С., Федорищева А. Виробництва підвищеного техногенного ризику – джерело формування конфліктів в Україні // Економіка України. – 1995. – № 9. – С. 14-23.

13. Екосередовище і сучасність / С. І. Дорогунцов, М. А. Хвесик, Л. М. Горбач та ін. – К.: Кондор, 2006. – 424 с.
14. Давыдова С. Л., Тагасов В. И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
15. Екологічна токсикологія / В. М. Шумейко, І. М. Глуховський, В. М. Овруцький та ін. – К.: АТ Вид. «Столиця», 1998. – 204 с.
16. Куценко С. А. Основы токсикологии. – С.-Пб.: Изд. С.-Пб. ун-та, 2002. – 818 с.
17. Ваганов П. А. Экологический риск. – С.-Пб.: Изд. С.-Пб. ун-та, 1999. – 116 с.
18. Старчак В. Г. Влияние коррозионной ситуации на состояние экосистем // Ж. Монтажные и специальные работы в строительстве. – 1992. – № 10. – С. 11, 12.
19. Старчак В. Г. Концепції сучасного природознавства як основа сучасних технологій. – Чернігів: ЧТІ, 1997. – 18 с.
20. Гандзюра В. П., Грубінко В. В. Концепція шкодочинності в екології. – Київ - Тернопіль: КНУ ім. Т.Г. Шевченка, ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
21. Добровольский В. В. Миграционные формы и миграция масс тяжелых металлов в биосфере. – К.: Научный мир, 2006. – 280 с.
22. Брагинский Л. П. Интегральная токсичность водной среды и ее оценка // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 6. – С. 66-73.
23. Водна замкова директива ЕС 200/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с.
24. Впровадження Європейських стандартів та нормативів у Державну систему моніторингу довкілля України / О. І. Бондар, О. Г. Тараріко, Є. М. Варламов та ін. – К.: Інрес, 2006. – 264 с.
25. Колесник И. А. Состояние химического загрязнения рек Украины и его динамика во второй половине XX ст. // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – К.: Ніка-Центр, 2000. – Т. 1. – С. 72-77.
26. Ольхович О. П., Смірнова Н. М. Вплив надлишку іонів Cu, Fe, Cr, Ni на вищі водяні рослини // Укр. бот. журн. – 1994. – Т. 51. № 2/3. – С. 95-103.
27. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
28. The surface modification of the metal and composite materials for natural mediums / V. Starchak, S. Tcibula, N. Buyalska a.o. // HighMatTech. – Kiev: UMES, NASU, UPMS, NTU "KPI", FIPMS NASU, 2009. – P. 336.
29. Охорона техноприродних екосистем від техногенного забруднення / В. Г. Старчак, І. П. Крайнов, С. Д. Цибуля та ін. // Фальцфейнівські читання. – Херсон: МОНУ, ХДУ, ІІ, 2009. – С. 339-342.
30. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення. Гідрологічні аспекти. – К.: ВЦ «КУ», 1999. – 319 с.
31. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Охорона ґрунту, ДСанПіН 2.2.4.4.036-99. Гігієнічні вимоги до якості води господарсько-питного водопостачання, ДСП № 201, 97 та 17.2.2.6-98.
32. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. – К.: Логос, 2006. – 408 с.
33. Белов С. В. Охрана окружающей среды. – М.: ВШ, 2007. – 329 с.