

n - the number of solution portions; A - cation exchanger concentration in the solution;
 E_n - the complete exchange volume of the cation exchanger; $\Delta m = f \cdot \Delta x$; $\Delta \phi = f \cdot \Delta x \cdot \rho$;
 f - the square of a cross section of the exchanger; ρ - porosity of the charge.

Having denoted $x = a_{m,n}$; $y = C_{m,n}$; $a = a_{m,n-1}$; $b = C_{m-1,n}$, after some conversions, the system of equations(4.25) is reduced to one unknown number

$$y^3 + By^2 + Qy - A^2 D = 0 \quad (7)$$

$$\text{where } D = \frac{D^*}{\rho(K\rho + 1)}; \quad D^* = (a + \rho b)$$

$$B = \frac{2\rho(KE_c - A) - D^*(2K\rho + 1)}{\rho(K\rho + 1)}; \quad Q = \frac{A(\rho A + 2D^*) + K(E_c - D^*)^2}{\rho(K\rho + 1)}$$

The cubic equation received is solved according to Cardano formula [3]. The calculation of regeneration process by layer method is considered for steady state of the Na- cation exchanger mode of operation which soften water of definite content. In this case there will be the same quantity of sorbitized ions of hardness on the charge of the exchanger, before each process of the regeneration. The quantity of sorbitized ions of hardness with the account of averaging can be calculated according to the previously considered procedure. Above mentioned allows to avoid the examination of the first cycles of softening and regeneration, beginning from completely regenerated cation exchanger.

Acknowledgements. The paper is based on the research conducted in the framework of the ISTC project G-725 - "Regeneration of Na- Cation exchangers by Sulfate – Natrium Solution and recycling of spent regenerating solution."

References

1. *Теоретические основы деминерализации пресных вод* / Сенявин М. М., Рубинштейн Р. Н., Комарова И. В., Смагин В. Н., Ярошевский Д. А., Галкина Н. К., Никашина В. В. - М: «Наука», 1975, - 328 с. (Russian).
2. *Кокотов Ю. А., Пасечник В. А.* Равновесие и кинетика ионного обмена. – Л: Химия, 1970. – 336 с. (Russian).
3. *Megrelishvili Z., Didmanidze I., NiJaradZe E., Kakhiani G.* Mathematical model for regeneration and the optimization of the cation exchanger work. Internationsl virtual journal for science, technics and inovations for the industry Machines, technologies, materials. Issue 2, 2013, p.7-11. www.mech-ing.com/journal.

Megrelishvili Zurab - Doctor of Technical Science, Professor, Department of Technology and Engineering Management, Technologies Faculty of Shota Rustaveli State University, Georgia.
E-mail: z.megrelishvili@inbox.ru

*Сергій Цибуля, Валентина Старчак, Костянтин Іваненко,
 Наталія Буяльська, Ігор Костенко, Григорій Мачульський*

ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

*Serhii Tsybulia, Valentina Starchak, Kostantin Ivanenko,
 Nataliya Buyalska, Igor Kostenko, Grigorii Machulskii*

ENVIRONMENT PROTECTION FROM ENERGETIC CONTAMINATION

Визначено екодеструктивну дію енергетичного забруднення: вібрації, електромагнітних полів (ЕМП) та радіаційного забруднення (РЗ) на стійкість сталі до корозійного руйнування при статичному та циклічному навантаженні. Показано, що за допомогою технологічних методів (удосконалення технологічних процесів захисту синергічними захис-

ними композиціями) та організаційно-технічних (очистка стічних вод, ґрунту від важких металів (ВМ), екранування ЕМП, віброзахисту можна значно підвищити рівень експлуатаційної надійності технічних споруд та знизити ризик техногенних аварій.

Ключові слова: енергетичне забруднення; синергічні захисні композиції; утилізація відходів; синергісти; малоциклова втома.

The Ecological break-down action of technogenous energetic contamination: vibration, electromagnetic fields (EMF) and radiation contamination (RC) on corrosion resistance, fracture under static and cyclic load have been defined. This shown, that by the technological and organized-technical methods (improving of the protection techprocesses by synergist protection composition (SPC); cleaning of the drainage water, soil from the heavy metals (HM), screening EMF, vibroprotection possible considerably increase the level of the exploited reliability of the technical construction and decrease risk of the technogenous accidents.

Keywords: energetic contamination; synergist-protection compositions; utilization of waste; synergists; low-cycle fatigue.

Основним показником роботи технічних споруд (ТС), що працюють в навколишньому середовищі (НС), є рівень експлуатаційної надійності, відсутність техногенних аварій [1]. Ризик техногенних аварій (із забрудненням водою, повітря, ґрунту), деградація земель (внаслідок накопичення токсичних речовин, зокрема важких металів – супертоксикантів ХХІ ст. та здебільшого – стимуляторів корозійних руйнівних процесів) відносяться, за даними ООН, до найбільш загрозливих екологічних проблем глобального рівня [2-4]. Екодекструктивним процесам під впливом інгредієнтного забруднення НС сприяє активуюча дія енергетичного, що обумовлює небезпечне руйнування ТС, особливо внаслідок втомних явищ [5-8]. Виникають великі еколого-економічні збитки за рахунок втраченого, недовиробленого продуктів, компенсаційних витрат з ліквідації наслідків техногенних аварій, руйнації природних ландшафтів, накопичення ВМ у рослинному, тваринному світі та по трофічних ланцюгах – в організмі людини [3, 9-11]. Тому необхідна розробка, удосконалення технологічних та організаційно-технічних методів захисту НС. Разом з тим, в науково-технічній літературі досить обмежено висвітлені ці важливі актуальні питання [1-3, 5-8, 10-14].

В роботі досліджено вплив енергетичного забруднення (вібрації – $L_v=120$ дБ, ЕМП та радіації) на тривкість, витривалість, захист вуглецевих та низьколегованих сталей в природних та технологічних середовищах. Джерелом вібрації є різного роду резонансні коливання деталей, конструкцій, установок і т.і.. До основних джерел ЕМП техногенного походження відносяться телевізійні (30 МГц ... 3 ГГц), радіолокаційні станції (300 МГц ... 300 ГГц), потужні радіотехнічні об'єкти (30 кГц ... 30 МГц), промислове, технологічне обладнання (30 кГц ... 30 ГГц), високовольтні лінії електропередач промислової частоти (ЛЕП), атомні, ядерні реактори, генератори електричного струму, трансформатори, антени. Вплив радіаційного забруднення – РЗ (Ku/km^2) ґрунту на тривкість сталі вивчали в зоні максимального РЗ, за площею (97% по Cs-137, з щільністю до $1 Ku/km^2$ та 92% – по Sr-90, до $0.15 Ku/km^2$ (ґрунту найбільш постраждалого від Чорнобильської катастрофи Ріпкинського району, Чернігівської області).

Експериментальні дані оброблювали методами математичної статистики, з використанням стандартної помилки S (при $n=6$, $t=2.75$, і довірчій імовірності 0.95, вона складала: $S=\pm 5...10\%$). Визначали також коефіцієнт кореляції r регресійним аналізом (метод найменших квадратів). Малоімовірні дані відкидали з врахуванням Q-критерію [15]. Результати експериментів представлені в табл. 1,2 та на рис. 1-3. Для захисту від вібрації застосовували віброізолюючу опору ОВ-30, від ЕМП – екранування (Al-екран), від РЗ – синергічні захисні композиції (СЗК) для обробки забрудненого РЗ ґрунту [16-21]. Активність СЗК щодо захисту сталі від енергетичного забруднення характеризували коефіцієнтом технологічної ефективності η_t .

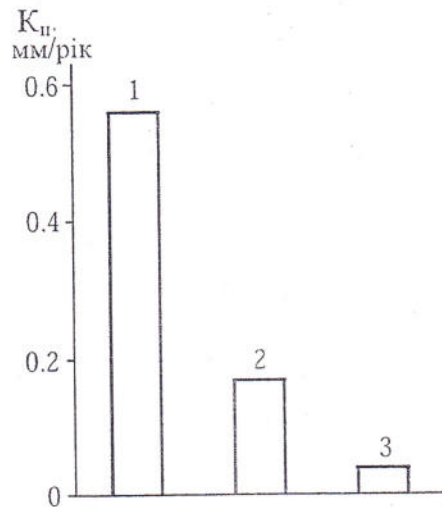


Рис. 1. Зниження $K_{п}$ (мм/рік) сталі 20 в ґрунті віброзахистом (ВЗ):
1 – без ВЗ; 2 – з ВЗ; 3 – з ВЗ+СЗК

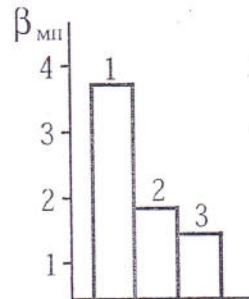


Рис. 2. Зниження впливу ЕМП на $K_{п}$ (мм/рік) вибором сталі
1 – сталь 20; 2, 3 – зварні з'єднання сталей, 2 – 17Г1С (ЗТВ – зона термічного впливу),
3 – сталь 16ГФР (ОМ – основний метал)

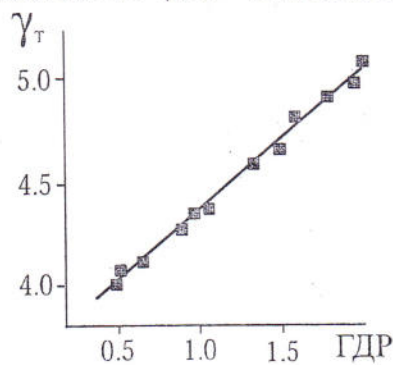


Рис. 3. Вплив рівня ЕМП ($\Gamma_{ДР} = 50 \text{ В/м}$, $f=50\text{кГц}$) на $\gamma_{т}$ захисту сталі 20 від малоциклової втоми в річковій воді (р. Десна)

Таблиця 1

Коефіцієнти технологічної ефективності $\gamma_{т}$ (за $K_{п}$)

Віброзахист – ВЗ (а)		Захист від ЕМП (б)	
1. ВЗ	3.2	1. Екран	2.3
2. ВЗ+СЗК	12.8	2. Екран+СЗК	6.7

^а а – сталь 20, б – 16ГФР, річкова вода Стрижень, $L_v=120\text{дБ}$, ґрунт.

Таблиця 2

$\gamma_{т}$ від РЗ ґрунту

Проби	за $K_{п}$	за А
1	8.7	7.9
2	16.2	14.1

^{а/} Сталь 16ГФР. А – в Кл/км^2 .

Синергічні добавки з полідентатними лігандами в захисну композицію на вторинній сировині (з утилізацією відходів, з активними угрупованнями щодо захисту сталі) підбирали комплексним системним кореляційним аналізом (за MNDO-PM3) комп'ютерним моделю-

ванням. Механізм захисту від енергетичного забруднення обумовлений утворенням металохелатів ($K_{ст}=10^{15} \dots 10^{20}$), які знижують забрудненість ґрунту, річкової води важкими металами. Захисна дія СЗК від РЗ пов'язана з гальмуванням трьох радіаційних ефектів: радіолізного (що стимулює катодну реакцію корозії сталі), деструкційного (що пришвидшує анодну реакцію), фоторадіаційного (що незначно, але все ж таки стимулює катодну реакцію).

В утворенні металохелатів беруть участь ВМ ґрунту, водою, а також продукти розкладу радіонуклідів. Утворюється нерухома форма ВМ, що унеможливило акумуляцію ВМ рослинами, біотою. Крім того, відбувається модифікація поверхні сталі стійкими захисними наномасштабними плівками, що значно гальмує руйнівну дію агресивного середовища. Отже СЗК забезпечує захист НС (від ЕМП за втратами металу на 85 %, від вібрації – на 92.2 %, від РЗ (за А) на 92.9 % і накопичення ВМ у ґрунті на 93.8 %, а від небезпечної малоциклової втоми – на 83.4 %.

Список використаних джерел

1. *Сучасне матеріалознавство ХХІ ст.* / Відп. ред. акад. НАНУ І. К. Походня. – К: Наук. думка, 1998. – 658 с.
2. *Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища* / Ред. О. І. Бондар, Г. І. Рудько. – К: ЕКМО, 2004. – 423 с.
3. *Мельник Л. Г.* Екологічна економіка / Л. Г. Мельник. – Суми: Ун-т. кн., 2002. – 346 с.
4. *Давыдова С. Л.* Тяжелые металлы как супертоксиканты ХХІ века / С. В. Давыдова, В. И. Тагасов. – М.: РУДН, 2002. – 140 с.
5. *Механіка руйнування металів і міцність конструкцій* / Ред. акад. НАНУ В. В. Панасюк. – Львів: Каменяр, 1999. – Т.1. – 352 с., Т.2. – 346 сс, Т.3. – 286 с.
6. *Бабей Ю. И.* Защита стали от коррозионно-механических разрушений / Ю. И. Бабей, М. Г. Сопрунюк. – К.: Техніка, 1991. – 126 с.
7. *Похмурський В. І.* Корозійно-механічні руйнування зварних конструкцій / В. І. Похмурський, Р. К. Мелехов, Г. М. Круцан та ін. – К.: Наук. думка, 1995. – 216 с.
8. *Сидоренко С. Н.* Коррозия металлов и вопросы экологической безопасности магистральных трубопроводов / С. Н. Сидоренко, Н. А. Черных. – М.: РУДН, 2002. – 83 с.
9. *Tsybulia S. D.* Ecomanagement of pipeline transport as factor of economics ecolozation / S. D. Tsybulia, V. G. Starchak, K. N. Ivanenko // Scientific bulletin of Polissia. – 2017. – № 2 (10), pp. 189-194.
10. *Козьменко С. Н.* Экономика катастроф / С. Н. Козьменко. – К.: Наук. думка, 1997. – 202 с.
11. *Адаменко Я. О.* Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науково-теоретичні основи, практична реалізація: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. / Я. О. Адаменко. – Ів.-Франківськ, 2006. – 39 с.
12. *Старчак В. Г.* Теоретичні та прикладні аспекти збалансованого природокористування в техноприродних системах / В. Г. Старчак, І. Д. Пушкарьова, С. Д. Цибуля, Н. П. Буяльська // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2010. – № 667. – С. 314-316.
13. *Семенова И. В.* Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флоринанович, А. В. Хорошилов. – М.: Физ.-мат. лит., 2002. – 336 с.
14. *Микулинский А. М.* Воздействие локальной вибрации и вопросы виброзащиты / А. М. Микулинский, Т. М. Шейтман. – Горький: Волго-вятск. изд., 1989. – 178 с.
15. *Гордон А.* Спутник химика / А Гордон, Р. Форд. – М.: Мир, 1986. – 543 с.
16. *Старчак В. Г.* Влияние энергетического загрязнения на эффективность противокоррозионных материалов / В. Г. Старчак, И. А. Костенко, С. Д. Цибуля, А. Г. Мартинюк, О. А. Вервейко // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 3. – С. 19-24.
17. *Старчак В. Г.* Екологічні проблеми у протикорозійному захисті / В. Г. Старчак, С. Д. Цибуля, І. Д. Пушкарьова // Екологічна безпека. – 2011. – № 2 (12). – С. 29-32.
18. *Старчак В. Г.* Противокоррозионная защита как эффективный фактор предотвращения экодеструктивного техногенного влияния на природную среду / В. Г. Старчак, С. Д. Цибуля // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – № 6. – С. 35-39.

19. *Tsybulya S.D.* Effect of Radioactive Contamination of the Medium on the Durability of Steel 20 / *Tsybulya S. D., Starchak V. G., Ivanenko K. N., Buyalskaya N. P., Kostenko I. A.* // *Radichemistry*. 2017, Vol. 59, № 5, pp. 535-540.

20. *Патент* України на винахід № 80288, МПК (2006) C23F 11/04 11/08 11/10, C23G 1/02. Інгібуюча корозію композиція для хімічної очистки енергетичного обладнання / В.Г. Старчак, Н.П. Буяльська, С.Д. Цибуля, С.О. Олексієнко, К.М. Іваненко. №а200501117; заявл. 07.02.2005; опубл. 10.09.2007, Бюл. № 14.

21. *Патент* України на корисну модель № 66437, МПК (2011.01), C23F 11/00, A01B 79/00. Композиція для зменшення забруднення ґрунту важкими металами як небезпечними екологічно-корозійними агентами / В.Г. Старчак, С.Д. Цибуля, І.Д. Пушкарьова, Г.М. Мачульський. – №u201103550; заявл. 25.03.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.

Цибуля Сергій Дмитрович – доктор технічних наук з екологічної безпеки, директор навчально-наукового інституту технологій Чернігівського національного технологічного університету.

Tsybulia Serhii – Doctor of Technical Sciences of Ecological Safety, Director of the Educational-Research Institute of Technologies Chernihiv National University of Technology.

Старчак Валентина Георгіївна – доктор технічних наук з хімічного опору матеріалів та захисту від корозії, електрохімічних виробництв, професор, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка.

Starchak Valentina – Doctor of Technical Sciences of Chemical Resistance of Materials and Corrosion Protection, Electrochemical Production, Professor, National University «Chernihiv Collegium» named T.G. Shevchenko.

Іваненко Костянтин Миколайович – кандидат технічних наук з екологічної безпеки, Чернігівський національний технологічний університет.

Ivanenko Kostiantyn – PhD in Technical Sciences of Ecological Safety, Chernihiv National University of Technology.

Буяльська Наталія Павлівна – кандидат технічних наук з хімічного опору матеріалів та захисту від корозії, доцент по кафедрі хімії та конструкційних матеріалів, Чернігівський національний технологічний університет.

Buyalska Nataliia – PhD in Technical Sciences of Chemical Resistance of Materials and Corrosion Protection, Associate Professor Department of Chemistry and Construction Materials, Chernihiv National University of Technology.

Костенко Ігор Андрійович – кандидат технічних наук з хімічного опору матеріалів та захисту від корозії, доцент по кафедрі хімії та конструкційних матеріалів ЧНТУ.

Kostenko Ihor – PhD in Technical Sciences of Chemical Resistance of Materials and Corrosion Protection, associate professor Department of Chemistry and Construction Materials, Chernihiv National University of Technology.

Мачульський Григорій Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент по кафедрі екології і техногенної безпеки, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка.

Machulskii Grigorii – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Technogenic Safety, National University «Chernihiv Collegium» named T.G. Shevchenko.