



**III INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE
WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL:
DESIGNING, CONSTRUCTION, OPERATION AND MONITORING**

**III МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:
ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ**



23–25 October, 2019, Lviv

23-25 жовтня 2019 року, м. Львів

Ministry of Education and Science of Ukraine
Representation of Polish Academy of Sciences, Kiev, Ukraine
Lublin University of Technology, Poland
Lviv Polytechnic National University, Ukraine
All-Ukrainian Environmental League, Kyiv, Ukraine

Proceedings of the 3rd International
Scientific-Practical Conference

**WATER SUPPLY AND
WASTEWATER DISPOSAL:
designing, construction,
operation and monitoring**

23–25 October, 2019

Lviv
Lviv Polytechnic Publishing House
2019

Міністерство освіти і науки України
Представництво Польської академії наук у м. Києві, Україна
Університет «Люблінська політехніка», Польща
Національний університет «Львівська політехніка», Україна
Всеукраїнська екологічна ліга, м. Київ, Україна

Матеріали 3-ї міжнародної
науково-практичної конференції

**ВОДОПОСТАЧАННЯ
І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:
проектування, будівництво,
експлуатація та моніторинг**

23–25 жовтня 2019 р.

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2019

Укладачі:

Орачевська Д., Вронська Н.

Editors:

Orachewska D., Vronska N.

Рецензенти:

Пляцук Л. Д., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної екології Сумського державного університету;

Шмандій В. М., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екологічної безпеки та організації природокористування Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського;

Адаменко Я. О., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Reviewers:

Prof. L. Pliatsuk, Sumy State University;

Prof. Shmandiy, Kremenchuk National University named after Michael Ostrogradskiy;

Prof. Adamenko, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

Матеріали 3-ї міжнародної науково-практичної конференції «Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг» / уклад.: Д. Орачевська, Н. Вронська. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 1 електрон. опт. диск (DVD).

ISBN 978-966-941-328-4

Збірник містить тези доповідей конференції, представлених на 3-й міжнародній науково-практичній конференції «Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг», яка проходила 23–25 жовтня 2019 року на базі Національного університету «Львівська політехніка».

The collection of proceedings of the conference includes participants' abstracts of III International Scientific-Practical Conference «Water Supply and Wastewater Disposal «Designing, construction, operation and monitoring» took place on 23–25 October, 2019 at Lviv Polytechnic National University.

УДК 556.11

Організатори конференції

- Представництво Польської академії наук у м. Києві, Україна
- Університет «Люблінська політехніка», м. Люблін, Польща
- Національний університет «Львівська політехніка» м. Львів, Україна
- Всеукраїнська екологічна ліга, м. Київ, Україна

Науковий комітет конференції

Голова наукового комітету:

Д. т. н., проф. Собчук Г. – керівник представництва Польської академії наук в м. Києві

Секретар наукового комітету:

Д. т. н., проф. Б. Ковальська – кафедра водопостачання і водовідведення, факультет інженерії доквілля, Люблінська політехніка

Члени наукового комітету:

Д. т. н., проф. Д. Ковальські – кафедра водопостачання і водовідведення, факультет інженерії доквілля, Люблінська політехніка

Д. т. н., проф. В. Стенпневський – кафедра водопостачання і водовідведення, факультет інженерії доквілля, Люблінська політехніка

Д. т. н., проф. М. Кветневські – факультет інженерії доквілля, Варшавська політехніка

Д. т. н., проф. Я. Макія – Міжнародна асоціація з водних ресурсів, Гданська політехніка

Д. т. н., проф. Ч. Росік-Дулевська – член кореспондент ПАН, ІОІС ПАН, Забже

Д. т. н., проф. Г. Боровські – Інститут інженерії охорони доквілля, Люблінська політехніка

Д. т. н., проф. М. Мальований – кафедра екології та збалансованого природокористування, Національний університет, «Львівська політехніка»

Д. т. н., проф. І. Петрушка – кафедра екологічної безпеки та природоохоронної діяльності, Національний університет, «Львівська політехніка»

Д. т. н., проф. О. Мороз – Інститут сталого розвитку ім. В.Чорновола, Національний університет «Львівська політехніка»

Д. т. н., проф. В. Погребенник – кафедра екологічної безпеки та природоохоронної діяльності, Національний університет «Львівська політехніка»

Д. т. н., доц. В. Мокрий кафедра екологічної безпеки та природоохоронної діяльності, Національний університет, «Львівська політехніка»

Д. т. н., проф. М. Гіроль – кафедра водопостачання і водовідведення, факультет інженерії доквілля, Люблінська політехніка, Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне

Д. т. н., проф. О. Ткачук – Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне

Д. т. н., проф. В. Ковальчук – Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне

Д. х. н., проф. Є. Кузьмінський – кафедра екобіотехнології та біоенергетики ФБТ НТУУ

Д. т. н., проф. Л. Саблій – кафедра екобіотехнології та біоенергетики ФБТ НТУУ «КП»

Д. т. н., доц. В. Чернюк – кафедра гідравліки і сантехніки, Національний університет, «Львівська політехніка»

К. т. н., доц. В. Жук – Національний університет «Львівська політехніка»

К. т. н., доц. О. Мацієвська – Національний університет «Львівська політехніка»

К. ф-м. н., доц. Р. Романюк – ЗНЦ НАН України та МОН України.

Д. т. н., проф. І. Зімох – факультет інженерії доквілля і енергетики, Сілезька політехніка

Д. т. н., проф. М. Дудзяк – факультет інженерії доквілля і енергетики, Сілезька політехніка

Д. т. н., проф. С. Верле – факультет інженерії доквілля, Сілезька політехніка

Д. т. н., проф. Райфур – Університет Опольський

Д. т. н., проф. А. Долганчик-Срудка – Університет Опольський

Д. т. н., проф. А. Гловацка – Університет Опольський

Д. т. н., проф. Зубровска-Судол – Політехніка Варшавська

Д. т. н., проф. А. Монтусєвіч – Люблінська політехніка

Д. т. н., проф. Я. Червінські – Люблінська політехніка

Д. т. н., М. Відомські – Люблінська політехніка

Д. т. н., З. Сухораб – Люблінська політехніка

Д. т. н., Г. Лагуд – Люблінська політехніка

CONFERENCE ORGANIZERS

- Representation of Polish Academy of Sciences, Kiev, Ukraine
- Lublin University of Technology, Lublin, Poland
- National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine
- All-Ukrainian Environmental League, Kyiv, Ukraine

Scientific Committee

Head of Scientific Committee:

Prof. H. Sobczuk – Head of Representation of Polish Academy of Sciences, Kiev, Ukraine

Scientific Secretary:

Prof. PL dr hab. inż. B. Kowalska Lublin University of Technology

Scientific Committee Members:

Prof. PL dr hab. inż. D. Kowalski – Lublin University of Technology

Prof. dr hab. W. Stępniewski – Lublin University of Technology

Prof. dr hab. inż. M. Kwietniewski – Warsaw University of Technology

Prof. dr hab. inż. J. Małkinia – IWA Poland/ Gdańsk University of Technology

Prof. dr hab. inż. Cz. Rosik-Dulewska – Członek koresp. PAN, IPIŚ PAN Zabrze

Prof. PL, dr hab. inż. G. Borowski – Lublin University of Technology

Prof., D.T.Sc. M. Malovanyy – Lviv Polytechnic National University

Prof. D.T.Sc. I. Petrushka – Lviv Polytechnic National University

Prof. D.T.Sc. O. Moroz – Lviv Polytechnic National University

Prof. D.T.Sc. V. Pohrebennyk – Lviv Polytechnic National University

Doc. D.T.Sc. V. Mokryy – Lviv Polytechnic National University

Prof. D.T.Sc. M. Hirol – PUGWiWZP, Rivne

Prof., D.T.Sc. O. Tkachuk – PUGWiWZP, Rivne

Prof., D.T.Sc. V. Kovalchuk – PUGWiWZP, Rivne

Prof. d.n.ch. Ye. Kuzminskiy – NTUU "KPI", Kiev

Prof., D.T.Sc. L. Sabliy – NTUU „KPI”, Kiev

Prof. D.T.Sc. V. Chernjuk – Lviv Polytechnic National University

Doc. dr. V. Zhuk – Lviv Polytechnic National University

Doc. dr. O. Matsiyewska – Lviv Polytechnic National University

Doc. k.n.f-m. R. Romaniuk – ZNCNANU i Ministerstwa Oświaty i Nauki Ukrainy

Prof. PŚ dr hab. inż. I. Zimoch – Silesian University of Technology

Prof. PŚ dr hab. inż. M. Dudziak – Silesian University of Technology

Prof. PŚ dr hab. inż. S. Werle – Silesian University of Technology

Prof. UO dr hab. M. Rajfur – University of Opole

Prof. UO dr hab. A. Dolhańczuk-Śródka – University of Opole

Prof. ZUT dr hab. inż. A. Głowacka – West Pomeranian University of Technology Szczecin

Prof. PW dr hab. inż. M. Żubrowska-Sudoł – Warsaw University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. A. Montusiewicz – Lublin University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. J. Czerwiński – Lublin University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. M.K. Widomski – Lublin University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. Z. Suchorab – Lublin University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. G. Łagód – Lublin University of Technology

**A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE USE OF CONSTANT
MANNING-STRICKLER AND CHEZY'S COEFFICIENTS AND ANEW METHOD
TO DETERMINE K_s AND C USING THE ROUGH MODEL METHOD**

Bedjaoui Ali, Kherroubi Ahlem

Research Laboratory in Subterranean and Surface Hydraulics (LARHYSS), University of
Biskra PO Box 145, 07000 Biskra, Algeria

a.bedjaoui@univ-biskra.dz

a.kharoubi@univ-biskra.dz

1. INTRODUCTION

The precision of the calculated head loss in water distribution networks is a focus to assure the optimum performance of the network. In this matter, many equations help to achieve that goal. Generally, these equations gives the energy slope J . Although each formula has her own disadvantage, for example the equations of Manning-Strickler (M-S) and Chezy (C) depends, mainly, on the nature of the pipe to determine the values of their own coefficient K_s and C , respectively, the latter one needs also the hydraulic radius to be determined. (MS) and (C) present the same problem of the inaccuracy when it comes to the use of constant values of K_s to calculate the head loss. The energy slope J is a variable calculated by the diameter of the pipe and the value of the flow; in this case having a constant value, such as K_s , in equations that have variables on each side, like M-S or Chezy, is unreasonable.

In this paper, we developed a new equation, which is aimed to give a new perspective on how should be K_s computed rather than chosen from a table. This formula was evaluated from Rough Model Method.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Presenting the equation

Our new equation that calculates the Manning-Strickler coefficient K_s was developed based on the Rough Model Method (RMM). This method is a new theoretical approach that aims to solve common straight pipe flow problems, namely, computation of the discharge Q , computation of the internal diameter D and computation of the energy slope J . the RMM was developed at LARHYSS laboratory in the University of Biskra, Algeria.

The third category of RMM takes place when the energy slope J is unknown and Q , ε , D and v are given. The energy slope can be computed by equation (2), once the parameter \bar{R} is determined using equation (1).

$$\bar{R} = 2R \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.5}{R^{0.9}} \right) \right]^{-1} \quad (1)$$

$$J = \frac{2Q^2}{g\pi^2 D^5} \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{10.04}{\bar{R}} \right) \right]^{-2} \quad (2)$$

The Bedjaoui-Kherroubi equation (B-K) was obtained, mainly, by equalling two energy slope equations: the RMM formula, Eq. (2), and the known formula of Manning-Strickler (M-S), Eq. (3).

$$J = \frac{10.29 * Q^2}{K_s^2 * D^{5.33}} \quad (3)$$

$$J = \frac{2Q^2}{g\pi^2 D^5} \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{10.04}{\bar{R}} \right) \right]^{-2} = \frac{10.29 * Q^2}{K_s^2 * D^{5.33}} \quad (4)$$

After multiple simplifications of this equity, and after shifting Ks to one side and all the other parameters to the other side, we obtained the equation of Bedjaoui-Kherroubi (B-K), Eq. (5), that presents Manning-Strickle's coefficient Ks.

$$K_s = 22.307 * D^{-0.165} * \left(-\log \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{10.04}{\bar{R}} \right] \right) \quad (5)$$

Chezy's formula, Eq. (6), also calculates the energy slope J using Ks to determine his coefficient C. therefore, C can be computed when replacing Ks with (B-K), Eq. (5), in equation (7).

$$J = \frac{V^2}{C^2 * R_h} = \frac{6.49 * Q^2}{C^2 * D^5} \quad (6)$$

$$C = K_s * R_h^{1/6} \quad (7)$$

2.2. Comparative analysis

The comparative analysis was between theoretical values of energy slopes J calculated in two ways: i) using constant Ks values; ii) using (B-K). The assessment of all the theoretical data was made in reference to experimental data obtained in research laboratory. In this experiment, we used four types of pipes, with different diameters, to assure a diversity of Ks values and consequently a diversity of C values, then we injected numerous of water flows in each pipe; afterwards we measured the head losses and finally we determined the energy slope J.

3. RESULTS AND DISCUSSION

To demonstrate the accuracy of B-K's formula in different conditions such as applied in the experiment, we evaluated the theoretical results by calculating the percentage error between the experimental and the theoretical data of energy slopes.

Table 1

Percentage error (% err) values for M-S and Chezy's formulas calculated in two different cases

pipes		type	PVC					Galvanized steel		Uncoate d steel	Plexiglas
		D(mm)	(60/63)	(77/80)	(107/110)	(124/130)	(130/140)	(49/50)	(56/60)	(87/90)	(69/90)
Manning-Strickler	Case 01	Max %err	128.0	126.2	125.9	124.7	125.7	48.1	47.8	64.1	126.1
		Min %err	126.1	124.3	123.5	123.6	123.6	46.6	45.1	63.7	124.9
	Case 02	Max %err	0.167	0.178	0.225	0.144	0.211	0.159	0.320	0.215	0.124
		Min %err	0.031	0.047	0.058	0.066	0.068	0.022	0.134	0.065	0.038
Chezy	Case 01	Max %err	125.6	124.058	123.9	122.8	123.9	46.4	46.2	64.4	123.8
		Min %err	123.7	122.169	121.5	121.7	121.8	44.4	43.5	64.1	122.6
	Case 02	Max %err	1.034	0.936	0.817	0.760	0.743	1.111	1.052	0.879	0.982
		Min %err	0.900	0.806	0.652	0.683	0.626	0.975	0.771	0.730	0.897

*case 01: calculating energy slope using constant Ks values.

*case 02: calculating energy slope using variable Ks values obtained by the formula of B-K.

Table 01 indicates a large difference between the theoretical results of the two cases in reference to the experimental data. In the first case where Ks values are constant, we can notice that the maximum percentage error (Max%err), for both of the formulas (M-S) and (C), are two high especially when it comes to the pipes with a big Ks value (PVC, Plexiglas).

On the other hand, when Ks values are calculated by (B-K), we can notice that the maximum percentage error (Max%err) for almost all the pipes and for both of the formulas, (M-S) and (C), is less than 1%.

4. CONCLUSION

This paper presented a comparative analysis between the B-K's formula that was developed to calculate M-S's Ks and Chezy's C and the constant known values of Ks in order to determine the head loss in pressurized flows; this formula was tested, multiple times, on four type of pipes. Analysing the results shows that Ks and C could be determined by Q, D, ϵ and ν and not just by the nature of the pipe, and the hydraulic radius in case of computing C. Furthermore, the B-K formula has achieve accurate results in both cases in spite of the pipe material.

**STUDY OF COMPOSITION AND PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES
OF SOME NATURAL WATERS OF GEORGIA**

I. Bejanidze¹, V. Pohrebennyk², T. Kharebava¹, N. Davitadze³

¹Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia,

²Lviv Polytechnic National University, Ukraine,

³LTD Batumi Water, of chemical-bacteriological laboratory, Georgia

The studies were carried out on the water Gortubani and Naminauri (Adigeni region), Danisparauli, Dandalo, Makhinjauri (Adjara). In the original water and ultrafiltration-filtered water, the titrated acidity, the content of dry substances, sulfur, chlorides, hydrocarbons, nitrates, ammonium ions, heavy metals were determined pH and conductivity. It has been established: the water conductivity increases in the series Makhindzhauri (0.52), – > Naminauri (0.78) – > Dandalo (0.79) – > Gortubani (0.98) – > Danisparauli (3.45).

Increasing the amount of dry matter (%): Makhinjauri (0.1) – > Naminauri (0.2) – > Dandalo (0.4) = Gurbubani (0.4) – > Danisparauli (0.5); increasing pH Makhinjauri (5,5) – > Naminauri (6,0) – > Dandalo (7,16) – > Gortubani (7,18) – > Danisparauli (7,5).

The content of S^{2-} ions in the Naminauri water is 20% higher than that in the Makhinjauri water. NO_3^- and NH_4^+ ions are found in the water of Dandalo and Gortubani, and NH_4^+ ions in the water of Dandalo are 2.5 times as high as the norm, and in the water of Gortubani 5 times as low as the norm.

The number of NO_3^- ions in Dandalo water is 25 times higher than normal, and in Naminauri water is 75 times lower than normal. Cl^- ions are found in all waters, the content of SO_4^{2-} and HCO_3^- ions in Dandalo and Gortubani water is within the normal range. Dandalo water is medium hard water (7.39 mg-eq / l), its hardness is 50% higher than normal. In the process of ultrafiltration, the productivity of the process for the Dandalo water decreases and remains unchanged for the water of Naminauri and Makhinjauri. When concentrated, the content of S-2 ions increases by 12% in Naminauri water and by 35% in Makhinjauri water. The content of Cl-ions does not change.

The content of heavy metals in water mg/l is established: Makhinjauri contains: Zn (9.06, a norm of 0.01), Ti (6.13, a norm of 0.1), Ni (0.0105, a norm of 0.1), Fe (3.92, rate 0.3). Danisparauli: Ca (121, a norm of 140), Mn (9.94, a norm of 0.1), As (0.0491 a norm of 0.05), Sb (8.38, a norm of 0.05), B (3.78, norm of 0.5), Pb (1.34, a norm of 0.03), Al (8.16, a norm of 0.5). Gortubani: Si (13, a norm of 10), Co (0.0045, a norm of 0.1), Cu (7.55, a norm of 1); Naminauri: Mo (6.23, a norm of 0.25), Cr (1.23, a norm of 0.05). Dandalo Cd (2.19, a norm of 0.01), V (14.8, a norm of 0.1), K (71.4, a norm of 50), Ba (4.24, a norm of 0.1), Na (4.45, a norm of 200). It has been established: all the investigated waters are contaminated with heavy metals and the population should not use them for treatment.

**APPLICATION OF ZEOLITE IN REMOVAL OF HAZARDOUS METAL IONS
FROM DRILLING MUD WASTEWATER**

Gabriel Borowski^{1*}, Justyna Kujawska¹, Henryk Wasąg¹

¹ Faculty of Environmental Engineering, Lublin University of Technology,

Nadbystrzycka 40B, Lublin, Poland

* Corresponding author: g.borowski@pollub.pl

In this study, the adsorption behavior of natural zeolites with respect to Cd²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺, Zn²⁺, was studied in order to consider its application to remove heavy metals from drilling mud. The batch method was employed, using metal concentrations in solution ranging from 0.1 to 2.5 mg/dm³. It was determined that in every concentration range, the adsorption ratios of zeolite metal cations match the Langmuir and Freundlich adsorption isotherms. The results of the research on the reduction of heavy metal ions concentrations from drilling mud wastewater by means of natural and activated zeolite were presented in the further part of this work. Natural and activated zeolites were introduced in portions (from 0.2 g to 10 g) to 100 cm³ of wastewater; then, the content of metals was determined using an inductively coupled plasma spectrometer. The experimental data showed that the application of activated zeolite enabled to achieve the removal of Cr³⁺, Pb²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺ close to 93%, 45%, 56% and 84%, respectively. In the case of the natural zeolite, the degree of heavy metals removal was lower by only a few percent, but still high enough to be interesting from the practical point of view. Respectable effects of reduction of heavy metal ions from drilling muds were obtained used doses from 2 g to 5 g of zeolite. The obtained results proved that the natural zeolite constitutes an important material for efficient removal of heavy metals from drilling mud wastewater.

Keywords: drilling mud, zeolite, heavy metals, wastewater, adsorption

**ASSESSMENT OF THE AUTOMOBILE POLLUTION INFLUENCE
ON URBAN ROADSIDE TERRITORIES AND SURFACE WATERS**

O. Borysov, O. Kofanova

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

Urban waters located near the highways are affected not only by emissions of harmful substances from vehicles but also from oil pollution caused, for example, by spills of gasoline or diesel fuel, contamination of coastal soils and groundwater. In particular, oil products, easily seeping deep into the soil, even in small concentrations can cause negative changes in color, taste, smell, as well as physical and chemical properties of water. They form a thin film on the surface of the water, thereby significantly worsening gas and heat transfer and creating conditions for the absorption of the biologically active component of the solar spectrum. This, in turn, leads to increasing of the water temperature, decreasing of the dissolved oxygen concentration and also to the toxic effect of pollutants on aquatic and coastal organisms.

Pollution of soils and surface waters with emissions of harmful substances from the vehicles exhaust gases is widespread in highly urbanized territories. For example, exhaust gases components such as polycyclic hydrocarbons are not only dangerous ecotoxicants, but also have carcinogenic and mutagenic effects on organisms. They are highly soluble in organic solvents and, therefore, in contaminated with oil products water, their toxic effect will increase several times. Polycyclic hydrocarbons are adsorbed and accumulated in bottom sediments, on the surface and in the cells of organisms, forming zones of local technogenic pollution. At the same time, the bioaccumulation of polycyclic hydrocarbons in food chains also poses a potential threat to human health.

Compounds of heavy metals (lead, mercury, cadmium, etc.) and synthetic surface-active substances (surfactants) penetrate into the organisms in aquatic ecosystems with exhaust gases emissions and waste products from motor transport infrastructure objects. Surfactants, in particular, greatly change not only the chemical composition of water and bottom sediments, but also their physical and chemical properties, such as the surface tension of water. According to Zilov E. A., detergents also disrupt the function of biological membranes, which leads to asphyxiation and death of fish and invertebrates; significantly enhance the toxic and carcinogenic effects of other pollutants for humans and animals.

In accordance with the researches of Azeez J. O. et al., the high risk of heavy metal compounds for aquatic organisms is determined by the formation of the strong organometallic complexes in tissues. These complexes do not decompose for a long time and can't be easily

excreted from the organisms. After their death, such complexes are deposited in the bottom sediments. In table 1 the degree of toxicity of salts of some heavy metals for aquatic organisms is shown according to Zilov E. A.

Table 1

The degree of toxicity of salts of some heavy metals for aquatic organisms

Chemical element	Plankton	Crustaceans	Mollusks	Fish
Copper	+++	+++	+++	+++
Lead	-	+	+	+++
Zinc	+	++	++	++
Mercury	++++	+++	+++	+++
Cadmium	-	++	++	++++

In cities and urban areas, the problem of increasing the acidity of water bodies remains significant. Such waters undergo chemical, physico-chemical and biological transformations that, in turn, lead to the change in their hydrological and chemical regimes, the species structure of biocenoses and to the decrease in biodiversity.

In addition, an increase in acidity of water bodies facilitates the extraction of metal compounds from soils, the dissolution of bottom sediments, and, as a result, increases the concentration of harmful substances in the water. And, as it has been shown in the previous authors' studies, emissions (including from vehicles) of sulfur, carbon and nitrogen oxides, as well as acid precipitation and the use of protective anti-icing agents in winter are among the main sources of changes in the acidity.

Therefore, we proposed to assess the degree of vehicles harmful effects on roadside territories and urban water bodies using a systematic approach. Its essence is explained by the compilation and calculation for each specific area (for example, areas for relaxation) of a set of integral indicators taking into account pollution of the atmospheric air, soils and soil solutions and city water bodies.

This, in turn, will provide an opportunity for the more correct and dynamic assessment of the degree of safety of the urban recreational areas usage, as well as an opportunity to determine territories that pose an environmental hazard to the relaxation of the city population. After identifying such territories, the appropriate measures can be applied in order to increase their ecological safety and to inform the public about the potential threats and environmental protection measures that will be implemented.

**ZMIANY SKŁADU ŚCIEKÓW BYTOWYCH SPOWODOWANE
OSZCZĘDZANIEM WODY W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH**

Jarosław Chudzicki, Katarzyna Umiejewska

Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

Politechnika Warszawska, 00-653 Warszawa, ul. Nowowiejska 20

e-mail: jaroslaw.chudzicki@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: zużycie wody w budynkach, skład ścieków bytowych, koszty eksploatacji sieci kanalizacyjnych

Od lat 90-tych obserwuje się w krajach Europy Środkowej i Wschodniej tendencje związane ze zmniejszeniem zużycia wody. Zjawisko to jest ściśle związane ze zmianami gospodarczymi w tych krajach i wprowadzeniem instrumentów ekonomicznych (np. opłata za wodę według faktycznego jej zużycia).

Nie kwestionując potrzeby oszczędzania wody i zmniejszenia jej marnotrawstwa zjawisko to ma coraz bardziej znaczący wpływ na warunki eksploatacji zarówno zewnętrznych sieci kanalizacyjnych jak i oczyszczalni ścieków. Przykładem mogą tu być następujące tendencje:

- wzrost stężenia zanieczyszczeń w ściekach (ten sam ładunek zanieczyszczeń jest odprowadzany w mniejszej objętości ścieków),
- tendencja do wytrącania się części stałych ze ścieków (brak utrzymania prędkości samooczyszczania przy niezmiennych spadkach kanałów),
- problemy technologiczne w oczyszczalniach ścieków,
- wzrost kosztów eksploatacji systemu kanalizacyjnego (większa częstotliwość czyszczenia przewodów, płukanie, itp.).

W artykule przedstawiono wyniki związane z określeniem zmian wskaźników jakości ścieków bytowych odprowadzanych do komunalnych oczyszczalni ścieków na przestrzeni ostatnich 30 lat. Zmiany te są ściśle powiązane ze zmniejszeniem zużycia wody w gospodarstwach domowych, spowodowane różnymi formami oszczędzania wody. Prowadzone badania w przyszłości mogą posłużyć jako podstawa do zweryfikowania dotychczasowych zasad projektowania wewnętrznych instalacji i zewnętrznych sieci kanalizacyjnych.

WPLYW BAKTERII *BACILLUS MEGATERIUM* NA SOLUBILIZACJĘ FOSFORU Z OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Joanna Ciopińska, Elżbieta Bezak–Mazur

Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska,

al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

Corresponding author: j.k.ciopinska@gmail.com

Przedmiotem niniejszych badań było dobranie odpowiednich warunków prowadzenia solubilizacji fosforu w osadach ściekowych, co pozwoliłoby na skuteczny odzysk z nich tego pierwiastka. Do tego celu wykorzystano bakterie z rodzaju *Bacillus megaterium* naturalnie występujące w glebie.

Badania prowadzono przez okres 14 dni w dwóch różnych warunkach temperaturowych, tj. 21 i 36°C. Do eksperymentu użyto osadu stabilizowanego, który został poddany obróbce termicznej. W trakcie 14 dni analizowano zmiany odczynu pH, ogólną liczbę bakterii mezofilnych. Ponadto, oznaczano w osadach metodą Goltermana udziały poszczególnych form fosforu, zmiany stężenia form biodostępnych w osadzie ściekowym oraz ilości tego pierwiastka zasymilowanego przez mikroorganizmy.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że liczebność populacji bakterii *Bacillus megaterium* zmienia się, przy czym intensywność tych zmian jest zależna od temperatury. Bakterie *Bacillus megaterium* wykorzystane do eksperymentu są zaliczane do mikroorganizmów z grupy PSB (ang. *Phosphorus Solubilizing Bacteria*). Mają one zdolność wytwarzania w procesach metabolicznych kwasów organicznych tj. kwasu cytrynowego, mlekowego czy propionowego, zmieniających odczyn środowiska. Kwasy te mogą rozpuszczać fosforany w wyniku wymiany jonowej, bądź też chelatować jony Ca, Fe lub Al związane z fosforanami. Wpływa to na solubilizację fosforu i jego specjację. Zwiększaniu się liczebności populacji bakterii towarzyszy wzrost form biodostępnych fosforu, a tym samym przyspiesza się uwalnianie fosforu zawartego w postaci form trudno rozpuszczalnych w glebach. Fakt powyższy jest niezmiernie istotny przy rozważaniu wykorzystywania osadów ściekowych na cele przyrodnicze. Biorąc pod uwagę właściwości bakterii *Bacillus megaterium* do solubilizacji fosforu mineralnego, wykorzystanie ich jako inokulantów może przyczynić się do zwiększenia poboru fosforu przez rośliny.

Słowa kluczowe: *Bacillus megaterium*, solubilizacja, osad ściekowy, fosfor, specjacja fosforu w osadach ściekowych

**IMPACT OF THE RETENTION RESERVOIR ON GROUNDWATER - ON THE
EXAMPLE OF THE NEWLY BUILT ŚWINNA PORĘBA RESERVOIR**

K. d'Obryn*, E. Szalińska

AGH University of Science and Technology, Faculty of Geology,
Geophysics and Environmental Protection, Cracow, Poland;

* corresponding author: dobyrn@agh.edu.pl

The Świnna Poręba water reservoir was filled in 2017 after many years of construction. Under initial assumptions, the reservoir was to serve as a drinking water reservoir for the Silesian agglomeration, and additionally protect the Skawa River valley against flooding. Moreover, the object was supposed to be used for other purposes, like energy production, reproduction of fry in the restocking center, recreation and give an impact to the development of the local infrastructure (roads, railway and power lines, expansion of water and sewage treatment facilities).

Currently, the Świnna Reservoir primarily meets the flood protection function for the Skawa and Vistula Rivers valleys, and the city of Krakow. Its presence prevents also occurrence of droughts and protects the Skawa River biosphere through stabilization of river flows downstream from the reservoir.

Around the reservoir, several dozen piezometer wells were drilled to monitor the groundwater table during construction, filling, and reservoir operational stages. The results obtained from piezometer measurements serve also as a basis for assessment of the reservoir impact on groundwater intakes supplying the surrounding farms.

The change of the surface water level associated with filling of the reservoir should result in an increase groundwater level elevation. However, under the light of the research conducted in 2017 and 2018, these changes of the groundwater table in piezometers around the reservoir were virtually unnoticeable. This may be due to the geological structure of the substrate and the surroundings of the reservoir, and related to hydrogeological parameters of water-bearing floors. Probably, a longer period of observation is needed as well as considering the specific conditions of groundwater circulation in the flysch deposits.

In mid-2019, the Świnna Poręba reservoir was emptied due to the need of banks and landslides stabilization. This fact will allow to repeat observation of water table changes in piezometers and re-assess impact of these changes on groundwater water supply capacity for the neighboring farms.

**APPLICATION OF THE C&RT CLASSIFICATION TREE FOR ASSESSING STORAGE
TANK PARAMETERS IN RURAL WATER SUPPLY SYSTEMS**

J. Dawidowicz¹, A. Czapczuk², J. Piekarski³, A. Malesińska⁴

¹Bialystok University of Technology, Poland;

²F.B.I. TASBUD International Group, Science and Research Division, Poland'

³Koszalin University of Technology, Poland;

⁴Warsaw University of Technology, Poland

corresponding author: j.dawidowicz@pb.edu.pl

The water supply system is a group of cooperating engineering facilities. In rural conditions, small tower tanks are increasingly used to ensure water supply in the event of a breakdown or increased water demand. An important task in the case of a tower tank is to locate it at the appropriate height and ensure capacity that allows proper interaction with the water supply system. The method of calculating water supply networks with a network tanks consists in the analysis of many variants using computer programs, including Epanet. Correct calculations require thorough analysis of the results obtained for many variants. There are no and probably never will be computer programs that would help the designer in implementing the decision-making process. Currently, however, there is a tendency to create computational programs that will characterize a certain degree of creativity, which should help users make decisions at various stages of the task. The decision-making process is difficult to present in the form of a function and mathematical model, hence the use of expert systems. The main problem in building expert systems is the process of knowledge acquisition. Machine learning techniques are used to improve knowledge acquisition. The most popular strategy for acquiring knowledge in machine learning is inductive inference, including an algorithm using decision tree induction. This article discusses the construction of a C&RT decision tree that allows you to evaluate the parameters of a water tank with an indication of the necessary data corrections in the event of an incorrect solution. The rules saved in the decision tree allow the assessment of tank parameters in new design solutions.

The application of the decision tree induction method necessitates the preparation of a set of learning examples. In order to induce a decision tree, a problem domain was defined, described by the following attributes, e.g. pressure height in the tank location node, tank diameter, maximum difference of water levels in the tank, difference in height between the bottom of the tank and the pressure, time of full filling of the tank, time of emptying of the tank. In order to assess the parameters, decision classes have been defined, assigned to individual learning examples: ZB1 - tank works properly, ZB2 - tank set too high, ZB3 - tank set too low, ZB4 - tank diameter too large

from the point of view of water exchange in the tank, ZB5 - tank diameter too small for the water exchange in the tank. Calculations were made using the EPANET program for water distribution systems with a reservoir to create a set of learning examples. A decision tree was built using the C&RT algorithm, which allows the selection of the appropriate class ZB1 ÷ ZB5 based on the input parameters. The C&RT tree can be used as an additional expert module in programs for the calculation of hydraulic water distribution systems.

Key words Expert systems, machine learning, induction of decision trees, water supply networks, hydraulic calculations, water tanks

**INCREASE OF MONITORING EFFICIENCY AND ECOLOGICAL SAFETY
OF WASTEWATER TREATMENT**

A. Dychko¹, N. Remez¹, V. Kiselev², S. Kraychuk³, N. Ostapchuk³

¹National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

²Taurida National V.I. Vernadsky University, Kyiv, Ukraine

³Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine

The problems of the lack of a systematic approach to the analysis of functioning of natural and engineering sewage system and deficiency of accurate and operational measurements of qualitative and quantitative indicators characterizing the state of the system of drainage and water treatment are typical for modern technologies of pollutants biotransformation during wastewater treatment. Ensuring the data authenticity of the evaluation of treatment process is an urgent problem, because a decision regarding the prediction of the treatment facilities operation and necessary measures for protection of surface water bodies and the environment as a whole in the presence of the risk of natural or man-made accidents should be made on the basis of these data.

Therewith existing facilities for biochemical wastewater treatment are characterized by insufficient purification efficiency due to increasing quantity, concentration and variety of environmentally hazardous pollutants; formation of significant volumes of sediments; consumption of large amount of energy and money during exploitation; considerable time spent on cleaning; building of large territories under construction, etc.

The aim of the work is to establish the regularities of biotransformation of wastewater pollutants with disintegrated biomass, aimed at increasing the level of environmental safety with application of monitoring of natural and engineering wastewater systems.

To increase the reliability of data for environmental monitoring of natural and engineering wastewater systems involves the determination of the dichotomous fractal structure of the measuring network, the boundaries of the range and the density of pollution on the Peano and Koch curves, based on the data of the measuring network and the corresponding interpolation and smoothing algorithms, as well as determination of dynamics of the range pollution using the Bayesian theorem. Based on the theory of fractals and the theory of sets, the algorithms for monitoring natural and engineering wastewater systems allow determining the structure of the measuring network taking into account the features of the controlled range and the sets of fractal isolines of any configuration with a given accuracy of reflection, which allows predicting the change in the composition of the effluent that come to the reservoirs from the landscapes, as well as in the event of floods and other disasters, and accordingly adjust the work of all (or separate)

sections of the drainage system from the methods improve the functioning of the equipment and environmental safety of water in general.

The criteria for assessing the level of environmental safety of natural and engineering drainage systems allow predicting:

- the range of pollution and its dynamics, the number, nomenclature and absolute values of the pollutants that were not previously observed in this area, the boundaries of critical pollution;
- the dynamics of systems' state between the observations;
- correlation between concomitant and middling factors and actual data of systems monitoring, as well as pathways of migration and metabolism of pollutants;
- results of monitoring, general assessment of data reliability and formulation of decision on correctness of estimates and forecasts;
- ability of active sludge to be treated within the system's potential, internal control and adaptability within the dynamics of resource change and system connectivity;
- necessity to intensify the biochemical purification process by influencing the active sludge;
- degree of pollutants biotransformation of waste water into biogas.

In a result of research it is established that the most significant factors of the biochemical treatment are oxidizing capacity of treatment facilities, temperature of process and presence of nutrients in reactor. The range of dissolved oxygen content, in which there is the most intense aerobic treatment of wastewater with disintegrated biomass, is 4.25-4.75 g O₂/m³. Under anaerobic conditions the amount of consumed COD has the greatest influence on volume of generated biogas.

At the destruction of part of active sludge by hydrogen peroxide in the ratio of oxidizer:sludge as 1:100 in the amount of homogenizate - 15% of the total volume of sludge in reactor there is the most effective biotransformation of pollutants with the achievement of the degree of sewage treatment up to 99% by COD (up to 5-10 mgO₂/l), the removal of nitrogen-containing and phosphorus-containing organic compounds up to 90% (up to 7 and 3 mg/l respectively), reducing the amount of excess biomass production up to 8 times, and also obtaining biogas, the amount of which is in 4-5 times bigger than at operating with nontreated biomass.

The established dependence of productivity of biogas at different methods of destruction of active sludge microorganisms allowed determining that the maximum output of biogas - up to 10 m³/m³ of wastewater - occurs when applying the chemical destruction of part of the sludge.

Based on experimental research, a biogas generation model for anaerobic purification of wastewater using treated sludge can predict biogas output depending on changes in the content of pollutants in wastewater and fermentation parameters, as well as to determine the optimal characteristics of the treatment process.

REMOVAL OF CHROME BY BIOCHAR PREPARED FROM PLANT WASTE

L. Frolova¹, M. Kharytonov², A. Koverya³, I. Klimkina⁴

¹Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

²Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

³National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine

⁴Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Chromium is widely used in various industries. The widespread use of chromium compounds leads to the formation of large amounts of chromium-containing wastewater (WW). Chromium compounds are classified as highly toxic substances. In wastewater, chromium is contained in oxidized Cr (VI) and in reduced Cr (III) forms. Usually, Cr (VI) is reduced to Cr (III), the latter, together with other heavy metal cations, is precipitated with lime, soda, and other alkaline reagents.

Perspective use of adsorption technology. Adsorbents of various chemical structures and different mechanisms of action can be used to clean chromiferous WW. Advantages of technologies using adsorbents are good absorption, easy ways of regeneration and the possibility of multiple use. However, most of them have a high cost, therefore, the use of cheap adsorbents or chemisorbents, which are not inferior in performance to their expensive counterparts, is relevant.

Biochar is an adsorbent, similar to activated carbon, derived from biomass during pyrolysis using it as biofuel. In this work, various types of biomass were pyrolyzed to biochar. Then biochars were used to adsorb chromium ions from wastewater. The study included the implementation of several series of experiments with various adsorbents: biochar based on coniferous wood, corn stalks, acacia wood, walnut shells, biomass of miscanthus.

With the help of X-ray analysis, the phase composition of biochars is established. These are amorphous substances consisting of silicates of magnesium, calcium carbonate and silicon oxide. It is the amorphous structure that provides high adsorption capacity. According to IR spectra, it can be stated that the carboxyl and hydroxyl groups are involved in the sorption of chromium cations. Established a significant difference between extraction efficiency. Biochars based on corn stalks leaves and coniferous wood are most effective.

**PURIFICATION OF CHROMIUM CONTAINING WASTE WATER
BY MAGNETIC SORBENTS**

L. Frolova¹, Pivovarov¹, O. Prokopenko², I. Ivanov², R. Shpatakova¹

¹Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro

²National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro

Chromium (III) compounds, especially chromium (VI), are toxic to humans and animals, therefore the development of new methods and technologies for wastewater treatment (SV) is very relevant.

There are many effective technologies for purification of chrome-containing wastewater (HSV) from chromium cations: reagent, electrochemical, membrane. The application of sorption technologies is promising. In recent years, adsorption has shown promising and effective results in both drinking water and wastewater treatment technologies in the industry. A number of adsorbents have been synthesized and applied to the treatment of pollutants, such as metal cations, dyes, and pharmaceutical products in solutions.

However, these types of adsorbents have one common drawback - they require a long release from the solution, which increases operating costs. To prevent this problem, some researchers offer magnetic materials that can be promising adsorbents that can be easily separated from the solution using a magnetic field. Magnetic adsorbents (MA) can provide fast and efficient suspension separation.

This paper proposes a technology for the isolation of chromium cations by magnetic separation to solve the problem of environmental protection.

The studies included several series of experiments with various adsorbents: magnetite adsorbent (FF), nickel ferrite adsorbent (FN), cobalt ferrite (FC) adsorbent, manganese ferrite (FM) adsorbent.

The dependences of the degree of sorption on the mass of adsorbents are different. For magnetite, manganese ferrite, they are almost linear, and differ significantly in the maximum degree of extraction. When using magnetite, the maximum sorption capture was 70%, and nickel ferrite, almost 100%. For cobalt ferrite and nickel, the course of the curve is logarithmic. In both experiments, the increase in the initial concentration of the solution increased degree of purification.

When using cobalt ferrite, the maximum sorption capture was 72%. The use of FN leads to a purity of 99.8%.

When Cr (III) was removed, the efficiency of the adsorbents followed in order of decreasing as follows: $\text{NiFe}_2\text{O}_4 > \text{MnFe}_2\text{O}_4 > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{CoFe}_2\text{O}_4$. For CoFe_2O_4 , the adsorption efficiency is changed.

**ADVANCED ALGORITHMIC MODEL FOR POLY-OPTIMIZATION OF BIOLOGICAL
WASTEWATER TREATMENT PROCESS USING MODEL PREDICTIVE
CONTROL (MPC)**

Krzysztof Gaska^{1,*}, Agnieszka Generowicz², Mykhailo Lobur³,

Nazariy Jaworski³, Józef Ciula⁴ and Myroslava Vovk⁵

¹Faculty of Energy and Environmental Engineering,
Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

²Faculty of Environmental Engineering, Cracow University of Technology, Cracow, Poland

³CAD Systems Department, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

⁴Institute of Technology, State University of Applied Sciences in Nowy Sącz, Nowy Sącz, Poland

⁵Department of Mathematics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

The purpose of biological wastewater treatment process is necessity to supply a bioreactor by oxygen. It produces an optimal bacteria growing rate which are responsible for destruction of organic substances inside sewage. Researches usually consider oxygen concentration inside an aeration control system solution as the reference value. The model which considers highly nonlinear characteristics of the bioreactor as a control object is described in this article. Object nonlinear characteristics, treatment plant exploitation conditions changing, nonuniform supply of bioreactor by sewage, change in the pollution load, temperature and compactness of mineral substances initiates the oxygen concentration change during time. The reference oxygen value is defined by regulation. It depends on ammonia and nitrate nitrogen concentration and leads to wastewater discharge increasing. In such approach the oxygen control trajectory trends to the reference value.

The research object is embedded system of communal wastewater treatment plant with a capacity of 180,000 RLM and with an average daily flow of 25,000 m³ per day. The process of biological wastewater treatment is carried out in a UCT-type bioreactor using activated sludge technology for aeration of a thin bladder with compressed air. The optimal process of aeration of an aerobic chamber requires the supply of a large amount of electrical energy (for the operation of blowers) and accounts for more than 45% of annual electricity consumption throughout the process of wastewater treatment.

The second element of the installation, which requires optimization of electricity consumption, is the process of internal and external recirculation, which accounts for more than 10% of annual energy consumption. The use of advanced tools for forecasting events, fault detection systems for measuring lines, monitoring and visualization of the process is aimed at

polyoptimization of electricity consumption and control of biological treatment of municipal wastewater.

The nonlinear model of the active sludge ASM2d took part in the work taking into account 21 biochemical processes calibrated on the basis of the process parameters measurements results and laboratory tests. The following topics were the scientific and technological tasks:

- automatic control of the nitrification and denitrification process by controlling the value of total nitrogen in treated wastewater;
- elimination of situations related to the "overload" of active shutter chambers at the moment of the influx of ammonia nitrogen lower load in the raw sewage, associated with denitrification process violation;
- optimization of internal and external bioreactor recirculation processes;
- reduction of electricity consumption during aeration and recirculation.

**COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS OF DOMESTIC HOT WATER
PREPARATION IN A HOTEL AND CATERING BUILDING INCLUDING SOLAR
ENERGY SYSTEM**

Justyna Gołębiowska, Anna Musz-Pomorska

Lublin University of Technology, Lublin, Poland

corresponding author: j.golebiowska@pollub.pl

Thermal conversion of solar energy is often used for the preparation of domestic hot water due to possible reduction of fossil fuels consumption. According to Eurostat data, the total surface of installed solar collectors in the European Union in 2017 exceeded the amount of 52 million. However, application of solar collectors in multifamily buildings or service facilities raises many concerns mainly related to economic aspects including investment, maintenance and operation costs.

This paper presents the economic analysis of several variants of system designed to domestic hot water preparation in hotel and catering building, located in the Eastern Poland. The analysis includes a domestic water installation (consisting of cold water, hot water and circulation) and three different sources of energy applied for hot water preparation: solid fuel boiler, gas boiler and gas boiler supported by solar collectors.

The performed economic analysis was based on popular indicators of investment cost efficiency: Dynamic Generation Cost (DGC), Net Present Value (NPV) and Benefit-Cost Rate (BCR). The required input data for determination of costs efficiency indicators were based on preliminary investment costs estimation as well as assumed operation and maintenance costs. Additionally, energy and economic benefits of solar installation were estimated by GetSolar software.

**WPLYW RODZAJU MATERIAŁU RUR DOPROWADZAJĄCYCH WODĘ
PRZEZNACZONĄ DO SPOŻYCIA NA SKŁAD I LICZEBNOŚĆ MIKROFLORY**

**W. Goraj¹, A. Pytlak¹, Z. Stępniewska¹, B. Kowalska², A. Szafranek-Nakonieczna¹,
D. Kowalski², W. Stępniewski²**

¹Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Instytut Biotechnologii

²Politechnika Lubelska, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków

Wszystkie zabiegi, związane z oczyszczaniem i uzdatnianiem wody z której korzysta ludność, zmierzają do zapewnienia określonych standardów jakości. Analizy dotyczące jakości wody przeprowadza się bezpośrednio w stacjach uzdatniania, następnie woda transportowana jest do odbiorców poprzez sieć wodociągową. Rodzaj materiałów, z których wykonane są przewody doprowadzające wodę zależy od okresów i tradycji stosowanych w poszczególnych dzielnicach miast. Początkowo były to przewody stalowe i z żeliwna szarego, potem zastąpiono je dużo lżejszymi z poli(chlorku winylu) (PVC) a ostatnio najbardziej popularne są przewody wykonane polietylenu dużej gęstości (PE-HD). Wnętrze przewodów doprowadzających wodę w czasie użytkowania, pokrywa się biofilmem, tworząc środowisko sprzyjające do rozwoju mikroflory. Nikła, na ogół w wodzie zasobność w składniki pokarmowe, ze względu na zabiegi uzdatniania wody, sprawia, że mogą rozwijać się tam wyłącznie organizmy o bardzo małych wymaganiach pokarmowych i nie podatne na czynniki odkażające jak ozonowanie czy chlorowanie, które pełnią funkcję inhibitorów ich wzrostu (M. Lehtola et al. 2004, Gillespie et al. 2014, Prest et al. 2016). W systemach doprowadzających wodę tworzą się swoiste sztuczne ekosystemy, w których rozwijają się aktywne wspólnoty mikroorganizmów. Mikroflora pokrywająca przewody, stanowi jej wtórne zanieczyszczenie i wywiera istotny wpływ na jakość wody (Rożej et al. 2015). Wyraża się to zmianą barwy, zapachu i smaku (Scott and Pepper, 2010, Wang et al. 2014, Zhang et al. 2012).

Przedmiotem podjętych badań było ustalenie wpływu materiału rur (żeliwo sferoidalne, PVC-U, PE-HD) na liczebność mikroflory i jej skład jakościowy. Badania przeprowadzono w Miejskim Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji w mieście liczącym około 50 tys. mieszkańców, gdzie system doprowadzenia wody zawierał przewody wykonane z polietylenu gęstości (PE-HD), poli(chlorku winylu) (PVC) oraz żeliwa sferoidalnego. Woda, stosowana w tej sieci nie wymagała dodatkowej dezynfekcji, gdyż spełniała wszystkie europejskie i krajowe standardy jakości. Podstawowa charakterystyka wody to: pH 6.5, alkaliczność 5.9 mval dm⁻³, twardość 7.4 mval dm⁻³, zawartość węgla organicznego 1.8 ppm. Pobrany, z każdego rodzaju materiału, biofilm (250mg) przy użyciu sterylnej szpatułki przenoszony był i zawieszony w sterylnej wodzie. Ogólną liczebność mikroorganizmów występujących w wodzie oznaczono wg

normy PN-EN ISO 6222 metodą posiewu ,zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. odnośnie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Oznaczenia wykonano na podłożu agarowym z ekstraktem drożdżowym w temperaturze $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ w czasie 48 godzin inkubacji i w temperaturze $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ po inkubacji trwającej 72 godziny. Następnie zliczono kolonie bakteryjne a wyniki podano w CFU na 1 ml wody. Kolonie drobnoustrojów różniące się pod względem morfologicznym (kolor, kształt) przeniesiono na nowe podłoże. Oczyszczony materiał zawieszony został w płynnej pożywce i poddany ekstrakcji całkowitego bakteryjnego DNA wg. metody Sambrook i Russell (2001) z własną modyfikacją. W wyizolowanym genomowym DNA przeprowadzono amplifikację fragmentu genu 16S rRNA ze starterami 27F, 1492R. Uzyskane produkty poddano rozdziałowi stosując elektroforezę a następnie sekwencjonowaniu przez firmę Genomed (Warszawa). Uzyskane wyniki porównano z sekwencjami dostępnymi w bazie NCBI. Analiza hodowalnych mikroorganizmów, występujących w wodzie, pochodzącej z rur wykonanych z różnych badanych materiałów, wskazała iż największą liczebność bakterii uzyskano podczas hodowli w temperaturze 22°C (5772 CFU ml^{-1}) w próbce wody pochodzącej z rury żeliwnej. Liczebność bakterii na PVC była znacznie niższa (802 CFU ml^{-1}), natomiast w próbach pobranych z rur wykonanych z PE-HD nie zaobserwowano wzrostu bakterii. Analizy wykonane w próbach kontrolnych wykazały liczebność bakterii około 200 CFU ml^{-1} . Na uwagę zasługuje fakt, że w żadnej z analizowanych kombinacji nie wystąpił wzrost bakterii w temperaturze 36°C .

Identyfikacja wyizolowanych z wody bakterii, wykonana przez Genomed na podstawie wyizolowanego DNA wskazała na ich niewielką bioróżnorodność w obrębie typów *Firmicutes*, *Proteobacteria* i *Actinobacteria*. Analiza sekwencji fragmentu genu 16S rRNA wykazała, podobieństwo do sekwencji mikroorganizmów zdeponowanych w bazie NCBI należących do rodzajów: *Bacillus* (PVC, kontrola), *Pseudomonas* (kontrola), *Acidovorax* (kontrola) i *Rhodococcus* (PVC, żeliwo).

Literatura

1. Gillespie, S., Lipphaus, P., Green, J., Parsons, S., Weir, P., Juskowiak, K., et al. (2014). Assessing microbiological water quality in drinking water distribution systems with disinfectant residual using flow cytometry. *Water Res.* 65, 224-34.
2. He, Y., Zhou, B. J., Deng, G. H., Jiang, X. T., Zhang, H., & Zhou, H. W. (2013). Comparison of microbial diversity determined with the same variable tag sequence extracted from two different PCR amplicons. *BMC microbiology*, 13(1), 208.
3. Lehtola M. et al. 2004, Lehtola, M. J., Miettinen, I. T., Lampola, T., Hirvonen, A., Vartiainen, T., & Martikainen, P. J. (2005). Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems. *Water research*, 39(10), 1962-1971.

4. Lin, W., Yu, Z., Chen, X., Liu, R., & Zhang, H. (2013). Molecular characterization of natural biofilms from household taps with different materials: PVC, stainless steel, and cast iron in drinking water distribution system. *Applied microbiology and biotechnology*, 97(18), 8393-8401.
5. Polska Norma (2004) (PN-EN ISO6222: 2004). Jakość wody. Oznaczanie ilościowe mikroorganizmów zdolnych do wzrostu. Określanie ogólnej liczby kolonii metodą posiewu na agarze odżywcym. (Polish Standard (2004)
6. Prest E.I., Hammes F., van Loosdrecht C., Vrouwenvelder J.S., (2016). Biological Stability of Drinking Water: Controlling Factors, Methods, and Challenges., *Frontiers in Microbiology*, 7,1-24.
7. Rożej A, Cydzik-Kwiatkowska A.,Kowalska B., Kowalski D. (2015). Structure and microbial diversity of biofilms on different pipe materials of a model drinking water distribution systems. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*.31(1), 37–47.
8. Sambrook, J., & Russell, D. W. (2006). Purification of nucleic acids by extraction with phenol: chloroform. *Cold Spring Harbor Protocols*, 2006(1), pdb-prot4455.Scott, B. A., and Pepper, I. L. (2010). Water distribution systems as living ecosystems: impact on taste and odor. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 45, 890–900.
9. Wang, H., Masters, S., Edwards, M. A., Falkinham III, J. O., & Pruden, A. (2014). Effect of disinfectant, water age, and pipe materials on bacterial and eukaryotic community structure in drinking water biofilm. *Environmental science & technology*, 48(3), 1426-1435.
10. Zhang, M., Liu, W., Nie, X., Li, C., Gu, J., & Zhang, C. (2012). Molecular analysis of bacterial communities in biofilms of a drinking water clearwell. *Microbes and environments*, 27(4), 443-448.

SULFUR TRANSFORMATIONS RELATED TO THE DEAMMONIFICATION PROCESS

Dominika Grubba, Joanna Majtacz, Hussein Al Hazmi, Jacek Mąkinia

Gdańsk University of Technology, Gabriela Narutowicza Street 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland,

e-mail: dominika.grubba@pg.edu.pl

Characteristics of sulfur transformation in the process of deammonification

The deammonification process consists in oxidation of ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) to nitrite nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$) in the process of partial nitrification and subsequent reduction of the remaining $\text{NH}_4\text{-N}$ to nitrogen gas (N_2) with the participation of $\text{NO}_2\text{-N}$ in the anammox process. It can be extended to the heterotrophic or autotrophic denitrification process.

Partial nitrification is carried out under aerobic conditions, and anammox process under anoxic conditions. It is important from the point of view of the transformation of sulfur compounds, because the oxygen concentration has a huge impact on their reduction and oxidation processes. Sulfates are reduced in anaerobic conditions to sulphides or hydrogen sulphide via anaerobic desulfurization bacteria such as *Desulfovibrio*, *Desulfomaculatum*, *Desulfomonas*. On the other hand, reduced sulfur compounds are oxidized to native sulfur (oxidation level 0) and sulphates (oxidation state VI)

Sulfur transformations accompanying the removal of nitrogen from sewage are important in the deammonification process both due to the anammox inhibition of hydrogen sulphide, which Wiśniewski et al. (2019) studied, and also due to the mentioned autotrophic denitrification carried out by sulfur bacteria (Hao et al., 2014). It turns out that on the one hand sulfur compounds can inhibit the process and reduce its efficiency. On the other hand, it may increase the reduction of $\text{NO}_3\text{-N}$ remaining after the anammox process in the denitrification process.

Sulphates (VI) are considered to have a negative impact on the environment compared to sulphides (2-), therefore their reduction is significant. In addition, conventional methods of wastewater treatment are currently being replaced by modern methods, which include deammonification.

Purpose and methodology of research

The aim of the research is to determine the type and extent of sulfur transformation in processes that accompany the process of deammonification, such as nitrification, anammox, denitrification, in a single-stage system on a laboratory scale.

Before starting the tests, it is necessary to breed a granular sludge containing anammox bacteria. The sludge comes from the Hattingen wastewater treatment plant (Germany) and has been used for the deammonification process for the last two years. In microbiological research, it has

shown a high proportion of sulfur bacteria. The tests will be carried out in an SBR reactor with a working volume of 10 dm³. The pH will be controlled in the range 7.3-7.9 using 1.0 M NaOH. To eliminate errors resulting from the variability of the incoming composition, the reactor will be regularly fed with synthetic sewage supplemented with medium according to Dapena-Mora et al. (2004). It is planned to carry out the NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, SO₄²⁻ and S²⁻ determinations and to take several samples for microbiological tests during the process.

Expected effect

Microbiological tests will allow to observe the change in the composition of sulfur bacteria at particular stages of deammonification. In addition, their impact on heterotrophic and autotrophic denitrification is expected to be studied. The levels of oxidation and reduction of sulfur compounds will also be widely analyzed. The production of SO₄²⁻ and the utilization of S²⁻ in the aerobic phase and the production of S²⁻ and reduction of SO₄²⁻ in the anoxic phase are predicted, as illustrated in Fig.1. The use of shorter oxygen phases against anoxic will result in an advantage of SO₄²⁻ reduction over its production.

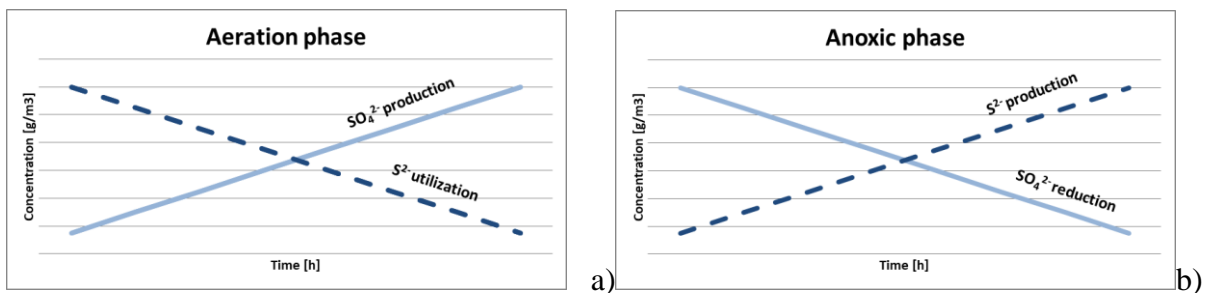


Fig. 1. Transformations of SO₄²⁻ and S²⁻ in the aerobic and anoxic phase in the deammonification process

References

- Dapena-Mora, Arrojo B, Campos J, Mosquera-Corral, Méndez R. Improvement of the settling properties of Anammox sludge in an SBR. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 2004; 79, 1417-1420.
- Wiśniewski K, Di Biase A, Munz G, Oleszkiewicz JA, Makinia J. Kinetic characterization of hydrogen sulfide inhibition of suspended anammox biomass from a membrane bioreactor. *Biochemical Engineering Journal* 2019; 143, 48-57.
- Hao TW, Xiang PY, Mackey HR, Chi K, Lu H, Chui HK, van Loosdrecht MC, Chen GH. A review of biological sulfate conversions in wastewater treatment. *Water Research* 2014; 65, 1-21.

FRACTAL GEOMETRY IN DESIGNING AND OPERATING WATER NETWORKS

M. Iwanek, D. Kowalski, B. Kowalska, P. Suchorab

Lublin University of Technology, Lublin, Poland

e-mail: m.iwanek@pollub.pl

Fractals are geometrical sets that are not easily described by classical geometry because of their irregularity. They are characterized by self-similarity, fine structure at arbitrarily small scales, intricate detailed structure, recursive procedure of construction and size not quantified by the usual measures. An important parameter describing a fractal set is its dimension. In fractal geometry dimension is a measure of the space-filling capacity of a set and can be a non-integer. Fractals sets have been implemented in almost all areas of human activity since they were introduced to science by Mandelbrot in 1982. For the last 10 years, an interest in fractal geometry has increased by issues connected with water distribution networks (WDN). This paper reviews applying fractal geometry in designing and operating WDN.

It was improved that tree-shaped WDN can be treated as fractal sets and described by the recursive formula:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{initiator: } L_0, \\ L_{i+1} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} a \cdot L_i, \alpha' \\ b \cdot L_i, \alpha'' \\ c \cdot L_i, \alpha''' \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (1)$$

where: L_i – length of i -th line segment ($i = 0, 1, \dots$), a, b, c – length of line segments generated in $i + 1$ step, $\alpha, \alpha', \alpha'', \alpha'''$ – angles characterizing location of generated line segments in relation to the previous segment, wherein one endpoint of each new generated segment connects to the endpoint of previous line segment.

Treating a WDN as a fractal pattern enables its description and classification, simplifies assessment of a network reliability, helps to solve problems of routing and dimensioning WDN, as well as enables to select places to locate measurement points in a network to control water quality, pressure in pipes and water flow rate. Moreover, applying tree-shaped fractal patterns to reflect WDNs helps to solve problems of their optimization.

Fractal geometry can be also applied to investigate results of WDNs failures connected with leakage of water to the ground. Using fractal dimension of a pattern created by points reflecting places of water outflow on soil surface after a prospective pipe breakage enables to determine the zone near a pipe, where outflow of water on the soil surface is possible. It is important approach for the security of humans and existing infrastructure.

Using fractal geometry in description, optimisation and operation analysis of WDNs is still continued, which confirms efficiency of fractal geometry as a research tool. On the other hand it can be supposed that fractal geometry possibilities have still not been fully used.

**RESEARCHES OF THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL CONSCIOUSNESS AND
EFFICIENCY OF ENVIRONMENTAL EDUCATION OF STUDENTS**

I. Ivanov¹, O. Prokopenko¹, L. Frolova², N. Prokopenko³

¹National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine

²Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

³Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Modern environmental problems cannot be solved without raising the level of the ecological culture of society, which can be viewed as an indicator of its civilization. Especially important is the formation of the environmental consciousness of students, on which the future of the country depends, its sustainable development.

The specialist must possess not only a high level of professional knowledge, but also an ecological world outlook. It will allow him to make informed decisions in his activities, to avoid mistakes that are detrimental to nature, or to minimize this damage. Increasing the level of students' environmental awareness during the period of study can also serve as the most objective indicator of the effectiveness of the educational process in this direction, the quality of teachers' work. Therefore, research into the state of environmental awareness and the search for ways to improve the effectiveness of the system of environmental education are very relevant.

The aim of the work is to assess the level of environmental consciousness and culture of students, the impact on them of environmental education during the period of study at the university. Tasks to be solved are the choice of methods for diagnosing the system of value orientations, the dominance of attitudes towards nature, the level of formation of ecological consciousness; experimental studies using these techniques and analysis of their results.

Studies of the structure of value orientations of students of the National Metallurgical Academy of Ukraine were carried out according to the method of M. Rokich. 160 students took part in the survey, including 99 environmental students and 61 technical students. By processing, the averaged ranks of the terminal and instrumental values were obtained on an 18-point scale, which were conventionally divided into primary, which took the first 6 places; secondary - 7 ... 12 places and irrelevant.

In general, the assessment of the significance of values by different groups of students coincides or is close to each other. Among instrumental values, the main thing for them is upbringing and accuracy, responsibility and honesty, and insignificant ones are irreconcilability towards shortcomings and firm will, high demands and rationalism. Among the terminal values, the main ones are health, happiness in the family, interesting work.

Students attribute nature to secondary values: among environmentalists, it is in 8th place, in future engineers - in 12th place. Among the irrelevant values with the average rank of 11,67 and 13 among these groups is “public recognition”, and this indicates a low level of ambition of the respondents regarding their social status. “The happiness of others” is in the last place with the highest average rank (13,86 and 15,57), which reflects today's realities of the dehumanization of our society.

67 environmentalists, 57 students of other specialties took part in testing on the express-method "Dominant". First, a simple ranking of 9 categories of objects in order of their importance, followed by division into 3 groups according to the dominance of the relationship. Then, according to the modified methodology, the priority of objects in the emotional, informational, practical plan was evaluated and the average rank was calculated. The results indicate the place of nature in the group with medium dominance: 6th place with a rank of 5,16 in a simplified method and 5th place with a rank of 4,99 in a modified one.

The assessment of the level of students' environmental consciousness and its changes over the period of study was performed using the NaturalFil method. The study involved 180 students, 108 of them environmentalists. Diagnostics was carried out on 4 main scales: perceptual - affective, cognitive, practical, scale of actions, as well as an additional scale of naturalistic erudition.

The survey data were compared with the control answers, the points for each scale were determined, and then the attitude to nature indicator was calculated as the sum of points on 4 main scales. The results were translated into a standard T-scale and stanains with the interpretation of indicators - from extremely low to very high - using an evaluation table.

As a result, it was found that about 58% of environmentalists and 54% of other students have an average level of attitude to nature. At the same time, environmentalists are about 2 times higher than % of the levels of very high, high and above average and, accordingly, less than % of levels with a reduced attitude to nature.

The change in the components of environmental consciousness during the period of study shows that environmentalists have a positive trend across all scales; there is a close relationship between the learning time and the level of these components: the correlation coefficient on the scales from 0.84 to 0.98, only on the perceptual - affective scale it has a relatively low value of 0.62. Other students didn't show positive dynamics in the formation of ecological consciousness, and even a slight decrease in the average level of attitudes towards nature is observed in senior courses. This indicates the urgent need to adjust the content of technical disciplines, to strengthen the environmental component in them.

**STUDIES ON INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY AND SAFETY OF WASTEWATER
TREATMENT AND SEWAGE SLUDGE UTILIZATION**

M. Kharytonov¹, M. Babenko¹, O. Onyshchenko¹, L. Frolova², M. Cherkasova²

¹Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

²Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

The aim of the work is to develop the complex solutions for energy- and cost-effective sludge processing and utilization comprising intensive energy-free de-watering, mixing with wood ash for stabilization and low temperature (70° C) pneumatic impulse drying followed by biochar application that allows to obtain high quality biosolids – amendments for marginal lands.

Hygienic properties and high content of heavy metals in wastewater sludge are the main problems that hinder the application of wastewater sludge in agriculture e.g. for technical crops or biofuels production. The issues associated with utilization of wastewater sludge have not been resolved for decades. At the present time large deposits of sludge are accumulated in Ukraine. For prevailing amount of existing wastewater treatment plants in Ukraine stages of sludge stabilization, conditioning, mechanical dewatering, thermal drying and sanitation are eliminated. As the rule, all sludge management is limited by putting on drying beds without any pre-treatment, where sludge rest for 2–7 years, and disposing cake out of plant territory in a way, which do not meet existing environmental protection and waste management regulatory. In fact, gathering, storage, processing, utilization, transportation and harmless burial, as well as prevention of negative influence of sludge deposits on the environment and human health that meets existing regulations are still issue for 99 % of water enterprises which are mostly state owned and work under the regional principle. Existing issues mainly refer to absence of cost effective de-watering and drying technologies. In accordance with existing regulations, for further biosolids production (after dewatering and drying) or other recycling, the wet content of the cake supposes not to exceed 65-75 %. Among other most reported challenges there is lack of local biosolids management options for land application, landfill closures, issues with future dewatering equipment purchases and development of renewable energy projects, contracting restrictions, higher transportation cost. At the same time land application of municipal sludge (biosolids) still claimed to be preferable option as it allows a complete reuse of nutrients and organic carbon at a relatively low cost. One of the most effective ways of cake stabilization is composting and mixing of cake with ash or lime and further drying. Deposits gradually lose organics which transforms into greenhouse gases (GHG) emitting into the atmosphere and minerals which are leaching into ground waters. But, in the meantime, carbon and mineral nutrients in wastewater sludge produced in Ukraine annually are sufficient to grow energy

crops and trees with considerable output of biomass. Thus re-using of sludge, wood ash and biochar in agriculture allows to compensate GHG emission and increase energy biomass potential. Overall, according to estimates, one field of switchgrass can provide generation of approximately 6.2 GJ zero-net-carbon renewable energy. Developing of cost and energy effective solutions for sludge gathering, processing and transportation which mainly refer to sludge volume reduction along with nutrients recapture and recycle will contribute significantly to urban and agricultural areas sustainable development.

Intensive dewatering technology recently implemented in Ukraine, based on use of original polymer conditioning agent (DAMET) that has unique ability to create porous structure and improve significantly filterability and de-waterability of sludge, allows fast horizontal evacuation of water and complete vertical dewatering followed by full drying of the residual cake on the sludge bed. Due to high intensive de-watering process residual cake contains more organics, nitrogen, potassium and phosphorous (bulk amount of mineral nutrients was found to be 13–13.5 kg per ton). Fast water evacuation prevents heavy metals ions form adsorption on colloidal organic matter of sludge thus metals content can be reduced 12-25 times compared to conventions drying on the sludge bed.

During the wastewater treatment process mainly nitrogen and phosphorus are concentrated in the sludge, but potassium content in sludge is relatively low as it tends to migrate with water. In order to balance nutrients ratio in wastewater sludge for land applications, especially for perennial trees, cake should be enriched with mineral potassium. Wood ashes contain all nutrients except nitrogen and balanced in trace elements. In fresh wood ashes after mechanical or electrostatic treatment most of the metals are present in form of oxides; thus, mixing of ash with wastewater sludge is very promising alternative to lime (CaO) stabilization.

Mixing of dry, fresh ash or lime with dewatered wastewater sludge causes exothermic reaction, which results in hydroxides creation. Under optimal conditions the temperature can rise up to 70°C which enhances drying of sludge, provides fast stabilization and sanitation of cake. Drying at low temperatures is an alternative solution that allows cost effective processing of wastewater sludge, as well as improvement of hygienic and physical properties.

Described process creates new opportunities for sludge management, since it allows to obtain nutrient-rich sludge with wet content not exceeding 65-75 % within two-three month and prepare high-quality biosolids through stabilization with wood ash. In addition, drained water can be effectively cleaned with biochar obtained from the carbonization of energy crops biomass.

Thus, combination of fast de-watering with other stabilization and drying stages bring a simple and energy effective solution which allows almost complete nutrients re-capture and re-use in accordance with the core principles of sustainability.

**BACKGROUND CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN DREISSENA
AND WATER OF THE MAIN KAKHOVKA MAGISTRALE CANAL**

L. Khokhlova, D. Lukashov

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The largest part (more than 2/5) of agricultural land is located in the South of Ukraine, in the zone of unstable and insufficient moisture (Danylyshyn, 1999). In arid conditions agricultural production is largely dependent on solving the problem of artificial irrigation of farmland. Therefore, many ameliorative objects were built here: the North Crimean canal, the Main Kakhovka magistrale canal, irrigation systems: Krasnoznamensk and Kakhovka. The source of their filling is water from the Kakhovka reservoir on the Dnipro River (Boyko, 2001). The Main Kakhovka magistrale canal stretches from the Kakhovka Reservoir to Molochna estuary (liman) and has a length of 132 km. The canal was constructed in 1980 for irrigation of agricultural lands and water supply to populated places of Kherson and Zaporizhzhya regions.

Control of water pollution has reached primary importance in developed and a number of developing countries. Water in irrigation systems can accumulate a variety of pollutants including heavy metals. The water of the Kakhovka reservoir is polluted with heavy metals (Andrusishina, 2005; Gnatyuk, 2013; Lianzberg, 2007). Studies have shown that 40% of irrigation water is limited and unsuitable for use (Boyko, 2001; Egorova, 2014; Obukhov, 2017). It was found that, first, heavy metals can accumulate in plants to levels that cause phytotoxicity. Second, elements in plants can adversely affect humans and animals that consume those plants. Hence, irrigation of land with such water is dangerous for plants and humans. Heavy metals are resistant to degradation under natural conditions and may accumulate in microorganisms and aquatic flora and fauna which, in turn, may enter terrestrial food chains (including human) and result in further contamination of the environment (Arnason, 2003; Jarup, 2003; Miloskovic et al. 2013). The bivalves now serve as a classical marker group of the structural and functional organization of hydrobiocenosis sensitive to environmental factors (Dombrovsky, 2009; Lukashov, 2012). Historically, bivalves: *Dreissena* are considered as valuable organisms for environmental monitoring and used as biomonitors of chemical pollution of heavy metals (Krishnakumar et al., 2017). In the Kakhovka reservoir, two species are most common – *D. polymorpha* and *D. bugensis* (Mal'tsev, 2010). Migration to the Main Kakhovka magistrale canal and colonization of solid substrates by these species of mollusks began from the moment of its functioning and continues at the moment.

The aim of the current study is to evaluate the reserves of heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Zn) accumulated in water and the tissues of bivalves of the Main Kakhovka magistrale canal. To

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

achieve the goal, the following tasks are set: 1. To determine the seasonal dynamics of the accumulation of metals by *Dreissena* at different sites of hydrotechnical object. 2. To determine the concentration of heavy metals in canal water. 3. To assess the degree of water pollution in the canal.

The samples of water and bivalves were collected in parallel from six sites in the summer season (July – August, 2018). The concentrations of Cd, Co, Cr, Cu, Zn and Ni in the investigated samples were determined by the flame atomic absorption spectrometer SELMI C-115-M1 equipped with hollow-cathode lamps.

Table 1

Concentration of heavy metals in water of the Main Kakhovka magistrale canal

sampling points	Results of the analysis (mg/dm ³)					
	Cu	Ni	Co	Cd	Zn	Cr
1 (2th km)	0,001	0,015	0,002	0,001	0,069	0,003
2 (15th km)	0,001	0,042	0,005	0,001	0,002	0,006
3 (45th km)	0,007	0,046	0,005	0,001	0,021	0,009
4 (85th km)	0,008	0,056	0,007	0,001	0,061	0,008
5 (110th km)	0,007	0,056	0,005	0,001	0,012	0,006
6 (132th km)	0,003	0,038	0,004	0,001	0,005	0,005

Table 2

Concentration of heavy metals in soft tissues of the *Dreissena*

sampling points	Results of the analysis (mg/kg)					
	Cu	Ni	Co	Cd	Zn	Cr
1 (2th km)	9,26	16,01	1,12	0,86	61,00	15,79
2 (15th km)	16,05	12,92	0,67	0,67	70,50	20,60
3 (45th km)	11,36	20,82	0,13	0,87	87,83	28,09
4 (85th km)	8,80	21,32	1,42	0,74	76,83	29,77
5 (110th km)	6,95	13,05	0,63	0,63	59,87	23,72
6 (132th km)	15,71	21,79	1,79	0,71	89,93	29,11

As shown by the data, at all sampling sites, concentrations of Cd, Cu, Co, Cr and Zn were below the detection limit. On the whole, the accumulation of metals in the soft tissues of the investigated bivalve mollusk species were higher than in the samples of water, because metal content in water can be subject to seasonal variations and may not accurately reflect the actual problem of contamination. In the all sections of the irrigation canal revealed the highest concentration of Ni in water. The quality of surface water at sampling points complied with environmental safety standards for irrigation in the summer period.

**EVALUATION OF TURKEY'S WASTEWATER MANAGEMENT PERFORMANCE IN
TERMS OF SEVERAL VARIABLES**

İ. H. Korkmaz¹, C. Çetinkaya², M. Yazgan²

¹Gaziantep University, Gaziantep, Turkey

²Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Adana, Turkey

Water is one of the most important sources of life. Especially in recent years, where the effects of globalization on human life have intensified, it is estimated that the water reserve will not be able to meet the future demand. In this context, water use and wastewater management are gaining great importance. Even its utilization as a “potential energy source”, has come to the agenda and wastewater is no longer regarded as a waste that needs to be disposed of.

Turkey, especially in the confusion experienced in recent years in neighboring regions together, is one of the very fast growing countries in terms of population. Taking into account the share of young population in the total population, the population of Turkey is expected to continue to rise. Although Turkey is a country, where is not considered poor in terms of water resources, its population and economic growth makes it necessary to take water use and wastewater management in the agenda.

In this study, a situation assessment is made for Turkey according to the total number of municipalities, the number and total populations of municipalities providing sewer service and the amount of waste water discharge. The assessment is done according to the real data obtained from Turkish Statistical Institute. As a summary, Turkey's wastewater management performance and progress are evaluated within the results of this study.

Some related tables are presented below.

Table 1

Wastewater treatment plants by municipalities

	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Number of municipalities served by wastewater treatment plants	319	362	442	438	536	513	581
Municipal population served by wastewater treatment plants	2436911 9	29643258	32518318	38050717	43543737	49358266	560167 38
Rate of population served by wastewater treatment plants in total population (%)	36	42	46	52	58	64	70
Rate of population served by wastewater treatment plants in total municipal population (%)	45	51	56	62	68	68	75

Table 2

Discharged wastewater from municipal sewerage by receiving bodies

	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount
Amount of wastewater discharged	2 922 783	3 366 894	3 261 455	3 582 131	4 072 563	4 296 851	4 484 075
Treated	1 901 040	2 140 494	2 251 581	2 719 151	3 260 396	3 483 846	3 842 350
Untreated	1 021 743	1 226 400	1 009 874	862 979	812 167	813 005	641 724
Sea	1 178 001	1 522 695	1 458 461	1 498 728	1 843 115	1 915 294	1 812 650
Treated	1 003 736	1 215 440	1 231 880	1 347 977	1 718 588	1 759 461	1 724 792
Untreated	174 265	307 255	226 581	150 751	124 528	155 833	87 858
Lake/Artificial lake	43 006	46 415	67 193	76 024	75 116	93 596	78 551
Treated	25 283	28 166	48 295	37 881	36 748	47 893	53 262
Untreated	17 723	18 249	18 899	38 143	38 368	45 703	25 289
River	1 380 516	1 410 614	1 404 164	1 741 078	1 817 352	1 898 895	2 153 123
Treated	713 395	705 561	778 293	1 180 630	1 276 456	1 409 633	1 728 000
Untreated	667 121	705 054	625 871	560 448	540 896	489 262	425 122
Dam	99 551	121 532	115 405	130 224	114 199	120 781	126 325
Treated	52 563	84 015	84 375	83 409	63 296	61 843	76 660
Untreated	46 988	37 517	31 030	46 816	50 903	58 938	49 665
Land	40 007	120 525	50 374	35 091	35 770	17 954	20 063
Treated	6 420	12 011	14 108	9 166	8 999	8 367	14 036
Untreated	33 586	108 514	36 266	25 925	26 771	9 587	6 027
Other	181 702	145 113	165 857	100 985	187 011	250 332	293 363
Treated	99 642	95 301	94 631	60 088	156 309	196 649	245 601
Untreated	82 059	49 813	71 226	40 897	30 701	53 683	47 762

In this study, applications regarding Turkey's wastewater management were presented with the review at the municipal level. Based on the statistics between 2004 and 2016, it is possible to say that Turkey's wastewater management watches a good way.

Findings of the study results that Turkey's wastewater management has improved. In future studies, Turkey's performance in wastewater management examined in this study should be compared with the performance of different countries. This study examined only the distance covered over the years in the scope of the management of wastewater in Turkey. Comparison with some different countries can enable more accurate evaluations regarding wastewater management.

**SPATIAL TIME-RELATED CHARACTERISTICS OF WATER QUALITY IN SELECTED
POINTS OF MUNICIPAL WATER SUPPLY SYSTEM**

B. Kowalska, D. Kowalski, M. K. Widomski, A. Dobrowolska, E. Kuzioła

Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska,

ul. Nadbystrzycka 40 B, 20-618 Lublin,

e-mail: b.kowalska@pollub.pl

This paper presents analysis of spatial time-related changes in values of several characteristics of drinking water quality monitored in selected points of the municipal water supply system in Lublin, Poland. The studied part of water supply system, constructed during period between 1959 and 1989, consists mainly of cast iron pipelines, diameters from range 125-630 mm, in selected parts renovated by polymer pipelines, PE and PVC. Due to relatively low velocity of water flow, the studied part of water supply system is being regularly flushed each 30 days.

The monitoring covered period of 7 months, from September 2017 to March 2018, with 4-6 sampling days per month. Samples of drinking water were obtained according to PN-EN ISO 5667 – 1:2008 standard. The sampling points were placed in five locations, including water supply station Dziesiąta, pipelines Hajdów and Andersa, hydrophore unit location and private apartment. The following indicators of water quality were selected to our analyses: free chlorine, iron, turbidity, chloride and oxygen contents. The obtained results of laboratory measurements of water quality indicators were subjected to the statistical analysis covering correlation matrices for the all indicators in tested sampling points as well as for the same indicator in different locations. Additionally, to assess the statistical significance of the observed differences, after testing the normality by Shapiro-Wilk test, the one-way ANOVA with post-hoc multiple comparisons was performed.

The laboratory measurements of selected indicators concentrations were performed by the following methods: free chlorine and iron content by PC Multi Direct photometer by AstralPool, turbidity by CyberScan TN 100 by Eutech Instruments, chloride content by Mohr method according to PN-ISO 9297:1994, oxygen content by Winkler method according to PN-EN 25831:1997. The measured values of indicators in selected points of the system showed high time-related variability, however some strong statistically significant correlations for selected quality indicators were observed, see Table 1. On the other hand, only the few strong correlations between values of different indicators in selected points of network were observed, mainly between turbidity and iron content. The performed Shapiro-Wilk test of normality showed that in significant number of cases distributions of studied variables were different than normal. The performed the one-way ANOVA with post-hoc multiple comparisons showed that only in case of one indicator, i.e. chloride, the observed

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

differences between studied concentrations in selected points of network do not differ significantly. In the other tested cases the observed differences between concentrations of quality indicators in different points of the network and in the studied apartment were statistically significant.

Table 1

Coefficients of correlation for observed concentrations
of water quality indicators in selected points of water supply network

Free chlorine					
	WSS Dz	pipe H	pipe A	Hydrophore	Apartment
WSS Dz		0.85	0.68	0.53	0.48
pipe H	0.85		0.69	0.53	0.38
pipe A	0.68	0.69		0.52	0.41
Hydrophore	0.53	0.53	0.52		0.63
Apartment	0.48	0.38	0.41	0.63	
Iron					
	WSS Dz	pipe H	pipe A	Hydrophore	Apartment
WSS Dz		0.76	0.53	0.06	0.43
pipe H	0.76		0.24	0.02	0.42
pipe A	0.53	0.24		0.14	0.30
Hydrophore	0.06	0.02	0.14		-0.06
Apartment	0.43	0.42	0.30	-0.06	
Turbidity					
	WSS Dz	pipe H	pipe A	Hydrophore	Apartment
WSS Dz		0.67	0.17	0.44	-0.14
pipe H	0.67		0.09	0.45	-0.05
pipe A	0.17	0.09		-0.05	0.02
Hydrophore	0.44	0.45	-0.05		-0.28
Apartment	-0.14	-0.05	0.02	-0.28	
Chloride					
	WSS Dz	pipe H	pipe A	Hydrophore	Apartment
WSS Dz		0.82	0.59	0.66	0.57
pipe H	0.82		0.78	0.57	0.58
pipe A	0.59	0.78		0.71	0.66
Hydrophore	0.66	0.57	0.71		0.86
Apartment	0.57	0.58	0.66	0.86	
Oxygen					
	WSS Dz	pipe H	pipe A	Hydrophore	Apartment
WSS Dz		0.97	0.89	0.90	0.83
pipe H	0.97		0.94	0.94	0.90
pipe A	0.89	0.94		0.95	0.90
Hydrophore	0.90	0.94	0.95		0.88
Apartment	0.83	0.90	0.90	0.88	

*WSS Dz – water supply station Dziesiąta, pipe H – pipeline Hajdów, pipe A – pipeline Andersa St.

**STUDZIENKA KANALIZACYJNA DO ZASTOSOWANIA W SIECIACH
PIERŚCIENIOWYCH**

D. Kowalski¹, M. Iwanek¹, B. Kowalska¹, P. Suchorab¹, A. Mierzwa², K. Kępiński²

¹Lublin University of Technology, Lublin, Poland

²Water Company „Wodociągi Puławskie” Sp. z o.o., Skowieszyńska 51, 24-100 Puławy, Poland

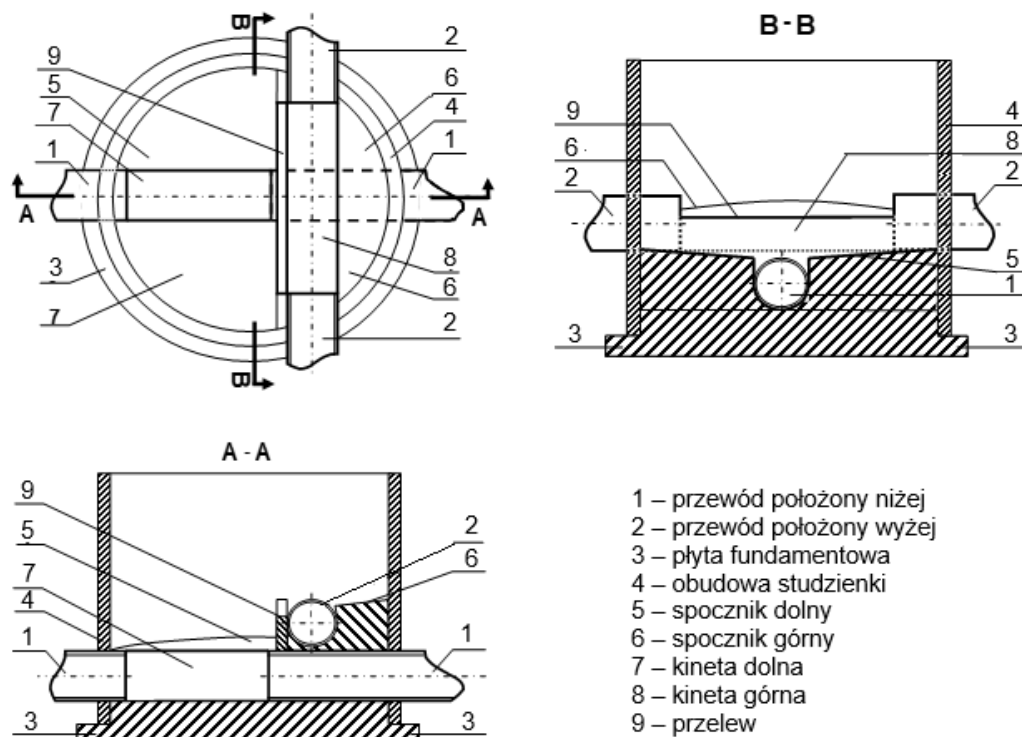
e-mail: d.kowalski@pollub.pl

Sprawne działanie sieci kanalizacyjnych na obszarach zurbanizowanych stanowi jeden z warunków istnienia i rozwoju tych obszarów. Podnoszenie niezawodności działania sieci kanalizacyjnych odbywa się na wiele sposobów. Jednym z nich jest takie kształtowanie struktur sieciowych, aby możliwe było przesyłanie przez nie ścieków z wykorzystaniem różnych, alternatywnych dróg. Drogi te można uzyskać poprzez zamykanie struktur rozgałęziennych, przekształcając je w struktury pierścieniowe.

Struktury pierścieniowe są powszechnie stosowane w sieciach wodociągowych. W przypadku grawitacyjnych sieci kanalizacyjnych ich wykorzystanie jest jednak znacząco utrudnione zarówno przez układ wysokościowy poszczególnych rurociągów, jak również problemy z właściwym ukształtowaniem kierunku strumieni przepływających ścieków. Kluczowym elementem warunkującym uzyskanie struktur pierścieniowych w sieciach kanalizacyjnych są studzienki umożliwiające połączenia krzyżujących się rurociągów. W dotychczasowej praktyce połączenia te wykonywane były w sposób bezpośredni – strumienie ścieków z obu łączonych rur krzyżowały się ze sobą. Zarówno z punktu widzenia hydraulicznego, jak i możliwości sterowania pracą sieci, rozwiązanie powyższe jest nieefektywne. Ze względu na zmienne w czasie natężenie strumieni przepływających ścieków w studzienkach tych pojawia się okresowo zjawisko spiętrzenia zwierciadła ścieków. Ponadto praktycznie nie ma w nich możliwości sterowania wielkością odpływu ścieków przez rury odpływowe.

Celem artykułu jest przedstawienie nowego rozwiązania studzienki kanalizacyjnej, mogącej pracować jako element pierścieniowej grawitacyjnej sieci kanalizacji sanitarnej lub deszczowej. W trakcie normalnej pracy sieci umożliwia ona bezkolizyjne połączenie krzyżujących się rur. W sytuacji awaryjnej, np. w przypadku zablokowania jednego z odpływów ze studzienki, zapewnia samoistne połączenie strumieni przesyłanych ścieków i tym samym zmianę kierunku ich przepływu. Rozwiązanie umożliwia większą kontrolę nad kierunkami i natężeniami strumieni przesyłanych ścieków, automatyzację zmian tych parametrów w sytuacjach awaryjnych, jak również brak zaburzeń przesyłanych strumieni, w tym spiętrzenia zwierciadła ścieków w trakcie normalnej, bezawaryjnej pracy sieci.

Prezentowana studzienka różni się od klasycznej studzienki połączeniowej budową dennicy. Przekroje dennicy studzienki przeznaczonej do bezkolizyjnego krzyżowania rur (1) i (2) ułożonych na różnych głębokościach przedstawiono na Rys. 1. Dennica składa się z płyty fundamentowej (3) na której posadowiono obudowę studzienki (4) oraz dwupoziomowego dna. Każdy poziom ma wyodrębniony spocznik – dolny (5) i górny (6), oraz wyprofilowaną kinetę – dolną (7) i górną (8). Podobnie jak w klasycznej studzience kanalizacyjnej, spocznik ma spadek w kierunku kinety. Kinetą dolną (7) łączy się z poprowadzoną niżej rurą (1), natomiast kinetą górną (8) z poprowadzoną wyżej rurą (2). Na całej długości kinety górnej (8) wyodrębniono krawędź przelewową (9).



Rys. 1. Budowa studzienki kanalizacyjnej do bezkolizyjnego krzyżowania przewodów

W trakcie normalnej, bezawaryjnej pracy sieci kanalizacyjnej ścieki przepływają przez studzienkę rurami (1) i (2) oraz odpowiednio kinetami (7) i (8) na dwóch poziomach, niezależnie od siebie, nie łącząc się ze sobą. W przypadku niedrożności jednego z przewodów, ścieki spiętrzają się, następnie przez przelew (9) dostają się do drugiej kinety i swobodnie wypływają ze studzienki drożnym przewodem.

Prezentowana studzienka przeznaczona jest głównie dla przedsiębiorstw zarządzających sieciami kanalizacyjnymi. Mogą nią być również zainteresowane firmy budujące sieci kanalizacyjne oraz biura projektowe. Zastosowanie studzienki wpływa na poprawę funkcjonowania i niezawodności systemów kanalizacyjnych, a także poprawia bezpieczeństwo i komfort użytkowników systemów kanalizacyjnych.

Proponowana konstrukcja jest rozwiązaniem innowacyjnym, co zostało potwierdzone patentem nr 229311 – *Wiadomości Urzędu Patentowego* Nr 7/2018, str. 2316.

NEW UNIVERSAL PIPE SADDLE FOR DRILLING WATER SUPPLY PIPELINES

**Kowalski Dariusz¹, Kowalska Beata¹, Iwanek Malgorzata¹, Paweł Suchorab¹,
Kępiński Kamil², Mierzwa Aneta²**

¹Lublin University of Technology, Faculty of Environmental Engineering,
Nadbystrzycka 40B Str., 20-618 Lublin, Poland

²Water Company „Wodociągi Puławskie” Sp. z o.o.,

³Skowieszyńska 51 Str., 24-100 Puławy, Poland

In the operational practice of water companies, drilling of pipelines belongs to relatively frequent activities. Most often such drillings are carried out in order to make house connections or installing monitoring sensors. Recognizing this problem, valve manufacturers have developed a number of complete solutions, including pipe saddles, valves and drilling machines. Drilling is also often used at the stage of building a monitoring system. Each time installing appropriate sensors requires direct access to the conveyed water. The easiest and fastest way to do this is by drilling. However, there is the problem of a significant differentiation of materials and diameters of drilled pipes. This requires the purchase of many types of pipe saddles by water supply companies, hence the search for universal solutions that will reduce the purchase and storage costs of these fittings.

The aim of the article is to present the universal pipe saddle as an element of drilling machine, which can be used in a wide (from 80 to 500 mm) diameter range of cast iron, steel, plastic and asbestos-cement pipes. The proposed pipe saddle is integrated with simple slice valve. The presented solution was developed by the authors and has obtained patent protection as utility model no 69030.

The scheme of proposed pipe saddle is presented in fig. 1.

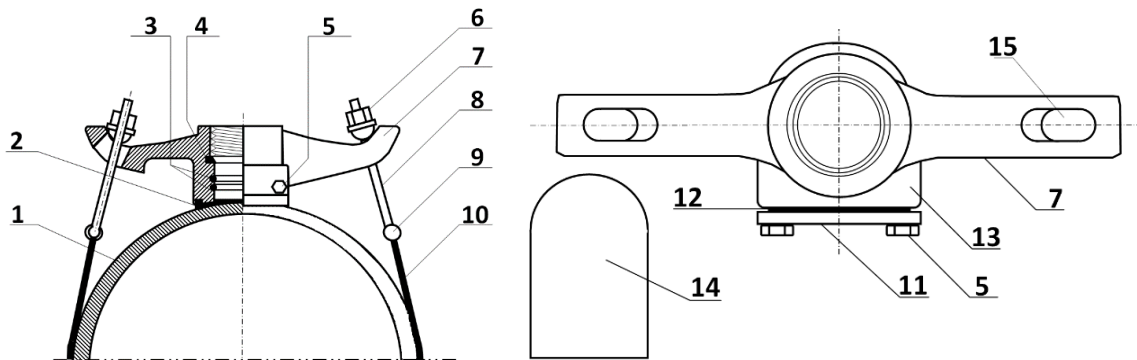


Fig. 1. The scheme of the proposed pipe saddle

- 1 – pipe, 2 – quadrangular gasket with rounded face, 3 – sealing ring with Teflon liner,
- 4 – trapezoidal seal, 5 – fixing screw, 6 – hemispherical cap, 7 – saddle body,
- 8 – adjustment screw, 9 – fixing the tape, 10 – band tape, 11 – valve cassette cover,
- 12 – cover gasket, 13 – cassette of slice valve, 14 – cut-off element, 15 – hole for adjustment screw.

**ACTUAL CHALLENGES IN WASTEWATER TREATMENT IN CENTRAL EUROPE –
EXAMPLES FROM WWTP HRADEC KRÁLOVÉ, CZECH REPUBLIC**

Pavel Král

Královéhradecká provozní a.s., Hradec Králové, Czech Republic

pavel.kral@khp.cz

By joining the European Union, the entire territory of the Czech Republic was included in the so-called sensitive areas. The relatively strict limits for waste water treatment resulting from the EU Council Directive of 21 May 1991 on urban waste water treatment (91/271 / EEC), which was transformed in the Czech Republic legislation, entered into force for all waste water treatment plants in the Czech Republic, in particular to the Decree on the discharge of waste water into surface waters No. 61/2003 Coll. This meant that, for a size category of treatment plants above 100,000 PE, it was necessary to achieve relatively strict limits on the discharge of total nitrogen N_{TOTAL} at an annual average of 10.0 mg / l and total phosphorus P_{TOTAL} at an annual average of 1.0 mg / l. Many large and small sewage treatment plants had to be reconstructed and their technology improved.

The percentage of wastewater discharged into the sewerage system in the Czech Republic is relatively high - in the size category over 2,000 PE, wastewater from more than 95 percent of the population is already sewage-treated. Currently, smaller or even local wastewater treatment plants are being built in smaller municipalities.

Hradec Králové is a regional town with 100,000 inhabitants in East Bohemia, about 100 km east of Prague and 50 km from the border with Poland. The wastewater treatment plant Hradec Králové for a total of 142,000 PE was built in 1995 and has been reconstructed twice since then in order to meet the stricter limits in terms of total nitrogen and phosphorus. The first reconstruction took place in 2003 and the second one then in 2008 - 2010 in order to meet the limits set by the above mentioned Directive.

This paper summarizes the main challenges in wastewater treatment in Central Europe and Hradec Králové. Recent challenges include in particular the removal of total nitrogen and total phosphorus, as well as the optimization of electricity consumption for wastewater treatment. At the same time, however, we already see the challenges that are currently coming up - in particular, the issue of final disposal of the produced dewatered sewage sludge (approaching the end of disposal on agricultural land) and the issue of lightening untreated or pre-treated sewage during rainfall. And then there is the challenge of the future, which may not be as far away as we now think. It is a

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

monitoring and purification of wastewater in terms of micropollutants and substances such as medicines, special pesticides, microplastics and others.

In the lecture itself, all six of the aforementioned calls will be discussed in more detail, using the example of the Hradec Králové wastewater treatment plant. For example, in order to reduce pollution in the area of total nitrogen, in 2008-2010, we managed to install high-tech post-denitrification filter technology, which is able to reduce the concentration of this substance in waters well below the required limits.

**DOBRE PRAKTYKI W PROCESIE ROZWOJU ZIELONEJ INFRASTRUKTURY
W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH**

Jadwiga Królikowska, Joanna Bąk, Agnieszka Kalfas-Fima

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska

jadwiga.krolikowska@wis.pk.edu.pl

Tereny zieleni wchodzące w skład systemu przyrodniczego miasta, który rozumiany jest jako celowo wyodrębniona część miasta składająca się z odpowiednio dobranych geokompleksów, pełnią w mieście różnorodne funkcje przyrodnicze oraz poza przyrodnicze np. społeczne, rekreacyjne, estetyczne.

Do terenów zieleni publicznej zalicza się: parki o różnym charakterze, w tym także np. planty, parki rzeczne, parki uzdrowiskowe; kopce; błonia; bulwary; skwery; zieleńce i zieleń przyuliczną w pasach drogowych; tereny zieleni osiedlowej, które można zidentyfikować i wyodrębnić z przestrzeni osiedli jako ogólnodostępne parki lub skwery; lasy i parki leśne komunalne i państwowe.

Do terenów wspomagających zalicza się: tereny zieleni towarzyszące obiektom użyteczności publicznej, o funkcjach związanych z tymi obiektami i przez to dostępności ograniczonej do określonych grup użytkowników, takie jak np. towarzyszące placówkom oświatowym, uczelniom wyższym, obiektom kultu religijnego, szpitalom, klubom sportowym; ogrody muzealne, ogrody edukacyjne i parki tematyczne, cmentarze komunalne i wyznaniowe; ogrody klasztorne; ogrody działkowe; zieleń osiedlową stanowiącą bezpośrednie otoczenie budynków, nie dającą się wyodrębnić z przestrzeni osiedli jako ogólnodostępne parki i skwery.

Ilość dużych terenów zielonych w polskich aglomeracjach wciąż maleje. Parki czy skwery z powodów ekonomicznych zaczynają stopniowo ustępować miejsca nowym osiedlom, biurowcom czy galeriom handlowym. Grunty stają się zbyt drogie, by poświęcać je na zielone inwestycje. Wobec współczesnych uwarunkowań zagospodarowania przestrzennego w ostatnim okresie szczególnie duży nacisk kładziony jest na *projektowanie zielonej infrastruktury*.

Koncepcja zielonej infrastruktury pojawiła się w latach 90. XX w. i w szerokim ujęciu oznacza strategicznie zaplanowaną sieć terenów zieleni miejskiej o różnym charakterze – parków, *greenwayów*, obszarów chronionych, otwartych, naturalnych, nieurządzonych, utrzymujących naturalne procesy ekologiczne. Nowym stało się traktowanie zieleni jako infrastruktury, która równoległe z innymi pomaga lepiej formować pozostałe elementy struktury miasta i zabezpiecza harmonijny rozwój środowiska miejskiego.

Zielona infrastruktura szybko znalazła się w obszarze zainteresowań architektów krajobrazu. Nie tylko kosztuje mniej niż tradycyjne rozwiązania, ale działania z nią związane mogą obniżyć koszt oczyszczania dużych ilości wód opadowych oraz mogą pomóc gminom w redukcji wydatków na energię; mogą też zmniejszać ryzyko zagrożenia powodziowego; poprawiają jakość zdrowia publicznego, redukują poziom zanieczyszczenia rzek i strumieni.

Często wprowadzanie określonej polityki inspirowane jest lub wzorowane na tzw. dobrych, sprawdzonych przykładach, praktykach związanych ze zrównoważonym rozwojem, utrzymaniem przyrody w mieście, usług ekosystemów, wody.

W artykule przedstawiono takie przykłady, praktyki, które mogą inspirować przy tworzeniu strategii terenów zieleni, pokazują rozpiętość skali zagadnienia i konkretne rozwiązania.

**OCENA SKUTECZNOŚCI USUWANIA ZWIĄZKÓW POWIERZCHNIOWO –
CZYNNYCH W LABORATORYJNYM SYSTEMIE HYDROFITOWYM**

Izabela Kruszelnicka , Dobrochna Ginter Kramarczyk, Joanna Zembrzuska

Politechnika Poznańska

Problem zanieczyszczenia środowiska wodnego nie dotyczy tylko miast i centrów przemysłowych. Zazwyczaj posiadają już one oczyszczalnie ścieków wykorzystujące najnowsze technologie a niejednokrotnie są to rozwiązania dedykowane konkretnym, zdefiniowanym zanieczyszczeniom. Natomiast małe miejscowości i wsie, często nieskanalizowane, charakteryzujące się rozproszoną zabudową, nie posiadają żadnych rozwiązań zapobiegających przedostawaniu się zanieczyszczeń do środowiska, w tym do wód powierzchniowych, które niejednokrotnie stanowią w tych miejscach bezpośrednie źródło wody pitnej. Takie sytuacje stwarzają ogromne zagrożenie zdrowotne zarówno pod względem mikrobiologicznym jak i chemicznym.

Szansą na poprawę jakości wód na szczeblu lokalnym jest zastosowanie małych, przydomowych oczyszczalni w tym hydrofitowych, które charakteryzują się wysoką wydajnością, skutecznością oczyszczania i możliwością szerokiego zastosowania.

Funkcjonowanie oczyszczalni hydrofitowych opiera się na wykorzystaniu takich samych procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, jakie zachodzą w naturalnych ekosystemach bagiennych (ang. *wetland*) przy udziale różnych zespołów mikroorganizmów oraz odpowiednio dobranych roślin. Rośliny te egzystują w zaprojektowanych złożach (filtrach gruntowych lub stawach) i są okresowo lub stale zalewane ściekami. Są one wykorzystywane do oczyszczania ścieków nie tylko bytowych i komunalnych, ale także do przemysłowych i rolniczych, ścieków ze stacji paliw, wód deszczowych, odcieków ze składowisk odpadów, spływów obszarowych z pól uprawnych [1-3].

Celem badania była analiza usuwania związków powierzchniowo – czynnych w laboratoryjnych systemach hydrofitowych, a także określenie wpływu gatunku roślin na usuwanie tych związków. Układ eksperymentalny składał się z 7 pojemników wypełnionych keramzytem i obsadzonych roślinnością, wykorzystywaną w oczyszczalniach hydrofitowych. Zastosowano trzy układy z różnymi gatunkami roślin (*Phragmites australis*, *Glyceria maxima* i *Scirpus lacustris*), które obciążono syntetycznymi ściekami z zawartością polidispersyjnego niejonowego związku powierzchniowo czynnego $C_{12}E_{10}$ o stężeniu 5 mg/L. Związek ten jest powszechnie wykorzystywany w środkach czyszczących, piorących i emulgujących. Eksperyment trwał 27 dni. Analizy biodegradacji związku dokonywano za pomocą chromatografii cieczowej połączonej z

tandemową spektrometrią mas. Obserwowane usunięcie $C_{12}E_{10}$ i pozostałych składników mieszaniny polidispersyjnej było znaczne (około 90%). Wykazano podstawowe zależności stopnia biodegradacji wybranego związku w funkcji czasu, w warunkach charakterystycznych dla hydrofitowych oczyszczalni ścieków. Praca obejmowała również obserwacje roślin i ich reakcje na ścieki zawierające detergent $C_{12}E_{10}$.

Wyniki badań dowiodły, że w każdym ze złożeń badany surfaktant uległ całkowitej biodegradacji. W pierwszym dniu eksperymentu w każdym z układów stężenie badanego związku zmniejszyło się o ponad 65%. Również w złożu z samym keramzytem nastąpiła 60% biodegradacja $C_{12}E_{10}$. Po kolejnych 7 dniach surfaktant uległ biodegradacji w 89%. Natomiast 10 dnia stężenie $C_{12}E_{10}$ w układach wynosiło zaledwie 5%.

Wyniki badań przeanalizowano również pod kątem każdego gatunku roślin. Ciekawy jest fakt, iż dla tego samego gatunku i tej samej ilości sadzonek roślin degradacja przebiegała w różnym stopniu. Analizując wyniki badań nie można jednoznacznie stwierdzić, który gatunek roślin hydrofitowych sprzyjał degradacji wybranego niejonowego surfaktantu.

Literatura:

1. Bergier T., Włodyka – Bergier A., *Oczyszczanie ścieków zawierających ropopochodne na złożach hydrofitowych z wykorzystaniem makrofitów*, Polska inżynieria środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej, T. 1, Komitet Inżynierii Środowiska PAN, s. 17 – 25, 2009
2. Michalska K., *Ocena skuteczności usuwania związków powierzchniowo czynnych zawartych w ściekach w hydrofitowych oczyszczalniach ścieków na podstawie badań laboratoryjnych*, Praca magisterska, Poznań, 2017
3. Obarska – Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., *Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010

**WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE (WWA) I ICH
POCHODNE (NITRO- I OXY- WWA) W PYLE DROGOWYM WODACH
DESZCZOWYCH. (PRZEGLĄD)**

Małgorzata Kryłów

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Krakowska, Kraków, Polska
gosiak@wis.pk.edu.pl

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) są wszechobecnymi i trwałymi zanieczyszczeniami środowiska miejskiego. Związki te w środowisku naturalnym ulegają transformacji, a otrzymane w jej wyniku substancje są potencjalnie bardziej niebezpieczne niż związki macierzyste. Zawartość pochodnych WWA (nitro- i oxy-) w środowisku jest niższa niż WWA, ale ich toksyczność jest 10–100 000 razy większa. Zanieczyszczenia te wywierają szkodliwy wpływ na wszelkie organizmy żywe, wykazując właściwości mutagenne i kancerogenne.

WWA i ich pochodne występujące w środowisku naturalnym najczęściej są pochodzenia pirogenicznego, związanego ściśle z działalnością człowieka. Substancje te powstają w wyniku niepełnego spalania paliw kopalnych, drewna, węgla lub biomasy. Głównymi źródłami tych związków w środowisku miejskim są ruch uliczny i przemysł związany z produkcją energii cieplnej i elektrycznej. WWA i ich -pochodne występują w postaci zaadsorbowanej na powierzchni cząstek stałych w wodzie i w powietrzu. Największy procentowy udział tych związków jest w pyle zawieszonym jest na cząsteczkach o średnicy mniejszej niż 10 μ m. Zanieczyszczenia te są deponowane w pyle drogowym, a następnie z wyniku opadów atmosferycznych lub mycia ulic przedostają się do kanalizacji burzowej. Źródłem zanieczyszczenia wód deszczowych tymi substancjami są również materiały używane do pokrycia dachów takie jak smoła węglowa.

Praca stanowi przegląd literaturowy, w którym omówiono problem obecności WWA, nitro-WWA i oxy-WWA pyle ulicznym oraz wodach deszczowych na terenach miejskich. Znajomość stężenia tych zanieczyszczeń i przemianom jakim one ulegają na powierzchni ulic pozwoli na opracowanie optymalnych wytycznych do ich ograniczenia emisji do środowiska wodnego.

**UV-BASED TRANSFORMATIONS OF CONTAMINANTS
OF EMERGING CONCERN IN THE WATER ENVIRONMENT**

E. Kudlek

Silesian University of Technology, Institute of Water and Wastewater Engineering,
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18, tel. (32) 237 24 78,
e-mail: edyta.kudlek@polsl.pl

Organic micropollutants are considered to be one of the most harmful contaminants in the water environment. Special attention should be paid to the group of contaminants of emerging concern (CECs), which includes pharmaceuticals and personal care products, hormones, pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, food additives and different types of industrial additives (Richardson and Kimura 2016). According to literature data (Jiang et al. 2016; Salimi et al. 2017) wastewater treatment plant effluents are the main source of CECs, and their discharge into the environment results in surface and ground water contamination. CECs can undergo different transformations as a result of reaction between them and other water contaminants or reactions initiated by sun lightening. The paper presents the identification of selected hormone decomposition products formed in natural surface waters exposed to sun lightening.

The research subject constituted surface water solutions spiked with β -estradiol, 17α -ethinylestradiol, mestranol and progesterone purchased from Sigma-Aldrich (Poznań, Poland). The CECs concentration was set on 500 $\mu\text{g/L}$. The pH of the prepared water matrixes was adjusted to 7 using 0.1 mol/L NaOH. All water matrixes were placed in open glass beakers and subjected to direct sun lightening. The experiments were conducted during summer time (average intensity of solar radiation was equal to 850 W/m^2). The time of irradiation was set on 10, 30, 60, 120 and 180 min. The analytical procedure of investigated compounds was performed according to guidelines presented in (Kudlek, 2018). The compound intermediates were identified based on their mass spectra compared to the NIST v17 data base.

It has been shown that the concentration of all tested hormones decreased with the increase of the sun light exposition time. For example the removal degree of β -estradiol, 17α -ethinylestradiol, mestranol and progesterone after 10 min of sun irradiation was equal to 45, 63, 65 and 53% respectively, while after 180 min of sun lightening the concentration of hormones decreased by 82, 99, 99 and 97%. On the other hand, the increase of the sun light exposure resulted in the increase of the number of detected decomposition by-products. Table 1 summarized the intermediates detected in water solutions subjected to sun lightening. The by-products due to their biological activity can be potentially harmful to water bodies.

Table 1

Identified hormone by-products

Parent compound	Identified compound	CAS-RN	Time of sun light exposure, min				
			10	30	60	120	180
β-estradiol	2-hydroxyestradiol	362-05-0	+	+	+	+	+
	estradiol-3,4-quinone	144082-88-2	+	+	+	+	+
	4-(1-hydroxyethyl)phenol	2380-91-8	-	-	-	-	+
17α-ethinylestradiol	2-hydroxy ethinylestradiol	50394-89-3	-	-	+	+	+
	4-(1-hydroxyethyl)phenol	2380-91-8	-	-	+	+	+
mestranol	2,6-di-tert-butylhydroquinone	2444-28-2	-	+	+	+	+
	2-hydroxy-3-methoxyestrone	-	+	+	+	+	+
progesterone	corticosterone	50-22-6	+	+	+	+	+
	aldosterone	52-39-1	-	-	+	+	+
	cortisone	53-06-5	-	-	+	+	+

+ - detected; - - not detected

It can be concluded that sun light, as a source of UV light, allow for the decomposition of CEC occurring in the water environment. Hormones exposed to sun lightening underwent oxidation, which lead to the formation of several intermediates.

Acknowledgment

This work was supported by Ministry of Science and Higher Education Republic of Poland within statutory funds no BK - 08/040/BK-19/0119.

References

- Jiang, J.-J., Lee, C.-L., Brimblecombe, P., Vydrova, L., Fang, M.-D. (2016). Source contributions and mass loadings for chemicals of emerging concern: chemometric application of pharmaco-signature in different aquatic systems. *Environmental Pollution*, 208, 79–86.
- Kudlek, E. (2018) Decomposition of contaminants of emerging concern in advanced oxidation processes. *Water*, 10(7), 955.
- Richardson, S. D., Kimura, S. Y. (2016). Water analysis: emerging contaminants and current issues. *Analytical Chemistry*, 88(1), 546–582.
- Salimi, M., Esrafil, A., Gholami, M. Jonidi Jafari, A., Rezaei Kalantary, R., Farzadkia, M., Kermani, M., Sobhi H.R. (2017). Contaminants of emerging concern: a review of new approach in AOP technologies. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(8),414.

**ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SOIL FERTILIZED
WITH SEWAGE SLUDGE**

Justyna Kujawska, Katarzyna Wójcik-Oliveira, Małgorzata Pawłowska

Institute of Renewable Energy Engineering, Lublin University of Technology

ul. Nadbystrzycka 40B Lublin, Poland

Corresponding author: j.kujawska@pollub.pl

Sewage sludge and its management constitute one of the most important environmental problems. The introduced EU directives advocate utilization of sewage sludge in agriculture. However, this method is limited mainly by the availability of heavy metals and pathogens. An ecotoxicological assessment of sewage sludge doses applied to soil, recommended in the Regulation of the Minister of Environment of 6th February 2015 on municipal sewage sludge, was carried out. The sewage sludge was added to soil in the amounts of 3, 6, 9, and 15 t/ha. The produced mixtures were subjected to physicochemical and ecotoxicological tests, involving the biomass and mortality tests of *Eisenia fetida* earthworms. The sewage sludge had a statistically significant impact on the increase in: electrical conductivity, total exchangeable cations, organic matter content, organic carbon, nitrogen and heavy metals of the considered soil. The toxicological assessment of sewage sludge doses indicated that the 3, 6, and 9 t/ha sewage sludges addition had no effect on the mortality of earthworms, while 15 t/ha resulted in 38% mortality. The impact on the biomass of earthworms was different; after 7 days in the mixtures with 3 t/ha and 6 t/ha sewage sludge addition, the biomass increased approximately by 1.3-fold, in comparison to non-modified soil. At 9 t/ha, it reduced by 1.3-fold, whereas at 15 t/ha – by 16-fold, in relation to the initial value. The studies indicated that the ecotoxicological assessment of wastes may be employed as environmental safety control measure of the sewage sludge application in agriculture.

**DETERMINATION OF THE PROCEDURE FOR ELIMINATION OF POLLUTING
COMPONENTS FROM INDUSTRIAL AND DRAINAGE SEWAGE**

M. Kulyk¹, I. Bihun²

¹Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas Ivano-Frankivsk, Ukraine

²Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Estimation of the pollution level of waste water (surface, industrial and drainage) plays an important role in selection of the most dangerous components, which contribute most of all to the integrated pollution index. This allows at minimum cost to achieve the required treatment quality of liquid mixtures, which will enable to discharge them without significant environmental damage into natural water objects.

The known methods of complex assessment of sewage pollution level are based on the use of various indicators, the core of which are the maximum permissible concentration (MPC) in water, multiplicity of its excess and the mass fraction of a harmful ingredient. According to the computed complex indicator, classification of specific sewage (mixtures) is carried out. But when trying to use them to develop a treatment strategy, taking into account material costs, there are some disadvantages, which do not allow unambiguously identify the ingredients that need to be removed from the mixture at first place.

Contaminated waste water (surface, industrial or drainage) can be considered as complex industrial and domestic effluents, the hazard class of which is regulated by the regulatory document State sanitary rules and norms 2.27.029-99 "Hygienic requirements for management of industrial waste and definition of its hazard class for the health of population". Since the technique relates to solid industrial and household waste, it is very interesting to try and apply its approaches to liquid waste, since the change in aggregate state should not significantly narrow the scope of its application.

For approbation of the proposed method, a model of polluted water is chosen, namely filtrate or drainage water, which after treatment can be discharged into natural water objects on the territory of a typical waste dump of one of the regional centers of Western Ukraine. The goal of the technique is to determine K_i - toxicity index for the i - ingredient by expression

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})_i}{(S+0,1 F+C_e)_i}$$

where S - coefficient characterizing chemical solubility in water, F - volatility rate of a chemical ingredient, and C_i - amount of an ingredient in the total mass of waste. After calculating the toxicity indices of all components by summing them up, the total toxicity index of complex waste is found.

Table 1

Maximum permissible concentrations and their excess (averaged values)
of typical pollutants of dump drainage water

No	Ingredient name	MPC (m/l, g/m ³)	Multiplicity of excess(times)
1	Dry residue	1000	18
2	Magnesium ions	40	5
3	Chlorides	350	11
4	Phosphates	3.5	120
5	Ammonium nitrogen	2	360
6	Nitrates	45	2.5
7	Petroleum products	0.3	140
8	Iron compounds	0.3	4
9	Lead compounds	0.03	3
10	Nickel compounds	0.1	1.5
11	Chromium compounds	0.05	10
12	Cadmium compounds	0.001	27
13	BOD	20	320
14	COD	80	290

When calculating a toxicity index for a single pollutant by this method, some characteristics, including sometimes fatal dose LD_{50} , are absent in references. The solution, in our opinion, can be in transition to the LD_{50} equivalent. A flexible approach allows to determine the toxicity index, in exceptional cases, as a ratio of the MPC in the soil to the fraction of an ingredient's weight in the total waste volume, taking into account their dimensionality. Here, however, it should be also remembered that the smaller a toxicity index of an ingredient is, the more dangerous it is to the environment, so it must be removed from the contaminated liquid mixture at first place.

In the particular case, if recycling schemes for recycling, detoxification or treatment are not developed or implemented for some contaminated wastewater components, especially for drainage sewage, or filtrate of solid household waste landfills, then they are disposed by dumping into natural water objects. But for such a case it is necessary to determine a toxicity index with the help of all known methods, a total toxicity index value when to stop a purification process, to define a procedure of removal of a specific component from the liquid mixture.

PECTON COMMUNITY STRUCTURE OF WWTP FOLLOWING DEVICES

G. Łagód¹, D. Majerek²

¹ Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska,

ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Polska. email: g.lagod@pollub.pl

² Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, Polska

The biological film (periphyton) having an impact on the biodegradation processes in the surface waters which receive the treated wastewater has been known for a long time and widely described. The biological film also develops in gravitational sewerage systems causing the transformation and biodegradation processes of pollutants as well as contributes to the biological corrosion of pipes. Similarly to the above-mentioned cases, it is possible that a specific biological film will also develop on the surface of the process line devices of a wastewater treatment plant (WWTP). This kind of biofilm, called pecton, is constituted by the organisms that spontaneously colonize the available surfaces irrespective of, or sometimes even against, the intended actions of the facility user. The term *pecton* was taken from the work by R. Margalef (1947), used for distinguishing the biofilm which develops on a solid inanimate substrate coming into contact with the wastewater in WWTP objects, without being the biofilm understood as a process factor of biochemical reactions. In such meaning, the pecton of WWTP can be understood as tantamount to the periphyton in polluted surface watercourse in the consecutive stages of a natural process of water self-purification. In most cases, pecton, is an integral element of the ecosystem in each device of the technological process in WWTP; therefore, the activity of the activated sludge or technological biofilm beds in bioreactors is supported by the activity of pecton. A WWTP is a good object for bioindication research, as pecton organisms develop under the diversified environmental conditions located in a short distance from one to another particular device. Additionally, this environment of treatment devices is characterized by a varied level of organic matter, which is a source of nutrients. The chain of the examined plants begins with the elements of the heavily pollutant-loaded mechanical pre-treatment part, where pecton is formed under the conditions created by raw sewage. At the next step of treatment, there is the bioreactor where biofilm coexists with the activated sludge. The final part of the technological system comprises a channel discharging the treated wastewater, which is virtually pure water with a low content of biodegradable organic compounds as well as low levels of biogenic elements. Therefore, each device offers highly specific conditions ensuring potential variability of the structure of the pecton communities, which provides a suitable ground for bioindication research. Wastewater treatment plant devices are also more easily available than the drain pipes and drainage catch pits. Therefore, it is possible to collect samples of biological material and wastewater by means of less complicated and time-consuming methods.

ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS COMPOUNDS IN EMISSIONS FROM SEWAGE WELLS

O. S. Lebedeva, V. O. Iurchenko,

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv, Ukraine

Waste networks form environmental hazard, resulting from forming and discharging of sewage gases, that contain toxic gaseous compounds (H₂S, SO₂, formaldehyde, volatile organic compounds, CO₂, CH₄ etc.). By degree of impact on the human body formaldehyde and hydrogen sulfide refer to the hazard category (2nd class of hazard).

The subject of research is the sewage well of the pumped reinforced concrete sewer of the sewage network in Kharkiv. The researches were carried out in field uses in 2019, in collaboration with the staff members of the maintenance team of Kharkiv Water Service Company, by means of the electronic detector of gaseous pollutants level. Concentration measuring of H₂S, SO₂, CO, CO₂ and CH₄ were carried out in the under vault space of the sewage collector. Content of the given matters is regularly measured by the analytical laboratory of the water service company. Formaldehyde and volatile organic compounds concentrations were measured as they leave the sewage well. Level of these matters was measured for the first time in the well. The measurement results and standards of MPC are listed in the table.

Table 1

Measurement results of polluting matters concentration
in the researched well and standards of MPC

Polluting matters concentration and MPC	H ₂ S	SO ₂	CO	CO ₂	CH ₄	Formaldehyde	Volatile organic compounds
Measurements results in the well	15	35	0	0,83	0,57	1,99	4,88
MPC _{w.z.} , mg/m ³	10	10	20	-	1500-7000	0,5	-
MPC _{d.a.} , mg/m ³	0,008	0,05	3	-	50	0,003	-
MPC _{m.s.} , mg/m ³	0,008	0,5	5	-	50 (SRLI)	0,035	-

As it can be seen from the table, the rate of excess of MPC regarding H₂S, SO₂ and formaldehyde ranges from 5 to 100 units and more. According to dependencies, that were achieved by the authors in the previous scientific researches, it is found out that expectable concentration of hydrogen sulfide as it leaves the well, will compound 10% of concentration in under vault space of the sewage collector. In the researched well the expectable concentration of hydrogen sulfide, as it leaves the well, will compound 1,5 mg/m³. Formaldehyde, according to its physicochemical characteristics, is similar to hydrogen sulfide, and the discovered dependency can be applied for calculation of expected concentration in the under vault space of the sewage collector. It will compound 19,9 mg/m³. The achieved dependencies shall be considered under calculation of polluting matters dispersion in the atmosphere and under forecasting of degree of reliability of waste networks structures.

**THERMOPHILIC CO-DIGESTION OF SEWAGE SLUDGE
AND BREWERY SPENT GRAIN**

M. Lebiocka, A. Montusiewicz, A. Szaja, S. Rembisz, E. Nowakowska

Lublin University of Technology, Faculty of Environmental Engineering
(e-mail m.lebiocka@wis.pol.lublin.pl), 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 40 B, Poland

The brewing industry generates relatively large amounts of by-products and wastes, such as brewery spent grain (BSG), spent hops and yeast. Utilization of these by-products in a form of animal fodder or compost is well known. However, with increasing energy costs, the brewing industry, which consumes approximately 4 m³ of natural gas per hectolitre of beer, strives to convert most of its wastes to alternative energy sources. In such perspective, anaerobic digestion has become an alternative for the production of renewable energy through biogas from these waste substrates. Brewery spent grain contains about 16.8-25.4% cellulose, 21.8-28.4% hemicellulose (mostly arabinoxylans) and 11.9-27.8% of lignin. The major part of BSG constitute the kernel husk, pericarp and seed coat, which are rich in cellulose, non-cellulosic polysaccharides, lignin and also some proteins and lipids. In general, BSG is considered as a lignocellulosic material rich in fibres and proteins, which account for about 70% and 20% of its composition, respectively. However, the structural complexity of lignin, its high molecular weight, chemical stability and insolubility make the biodegradation of this lignocellulosic substrate quite difficult. The effective utilisation of BSG for valorization requires the techniques to disrupt the naturally ordered structure and remove lignin. Pretreatment methods are essential in increasing the efficiency of the processes that involve the valorization of lignocellulosic materials. With respect to the mechanism behind the process, they can broadly be classified into physical, chemical, biological, thermal and combinational. An efficient pretreatment strategy essentially should be simple, cost effective, devoid of corrosive materials and should not give rise to indigestible or inhibitory compounds. Mechanical size reduction during milling is a crucial step for the transformation of feedstock into energy.

This study examined the effectiveness of thermophilic co-digestion of sewage sludge and milled/non-milled brewery spent grain. The experiments were performed in batch-mode to evaluate both the biogas potential and the biogas production rate. Five runs were carried out, one of them concerned the anaerobic digestion of sewage sludge (as control), whereas the others referred to the co-digestion of sewage sludge with addition of milled and non-milled brewery spent grain at doses of 5 and 10 g. The runs were conducted under thermophilic conditions (temperature 55±1°C) and lasted for 21 days. The effectiveness of the process was assessed on the basis of the volatile solids removal, biogas potential and the rate of biogas production. The physiochemical composition of the

inoculum, reactor feed and digestate were characterized. The addition of the brewery spent grain resulted in the increase of the biogas potential, but a decrease in the volatile solids removal. In the case of the control sample, the volatile solids removal was 61% and for the runs with the addition of milled brewery spent grain the rates were 45% and 55% (for 5 and 10 g of milled BSG, respectively). The volatile solids removal for the runs with the addition of non-milled brewery spent grain the rates were 53% (5g of BSG) and 57% (10 g of BSG). The highest value of biogas potential, amounting to $0.28 \text{ Ndm}^3\text{g}^{-1}\text{VS}$ was found for run with the addition of 10 g of milled as well as non-milled brewery spent grain and the lowest – in the control run ($0.18 \text{ Ndm}^3\text{g}^{-1}\text{VS}$). In the case of biogas production rate, the highest value was recorded in the run with the addition of 10 g of milled and non-milled brewery spent grain ($1.21 \text{ Ndm}^3\text{dm}^{-3}\text{d}^{-1}$), in the case of the dose of 5 g, the value of the biogas production rate was 20% lower for addition of milled BSG and 25% lower for non-milled co-substrate. The lowest value of biogas production rate was observed for the control run. A comparison of the own research results and the findings of other authors investigating the co-digestion process under thermophilic conditions indicates that the use of milled and non-milled brewery spent grain as a co-substrate in the thermophilic co-digestion is not recommended.

CONTAMINANTS OF EMERGING CONCERN IN HOTELS POOLS

A. Lempart, E. Kudlek, M. Dudziak

Silesian University of Technology, Institute of Water and Wastewater Engineering, 44-100 Gliwice,
ul. Konarskiego 18, tel. (32) 237 24 78,
e-mail: edyta.kudlek@polsl.pl

Highly aesthetic hotel swimming pools are usually a great attraction and, together with wellness and SPA zones, are a way to attract more customers. If the resort has its own swimming pool, hot tubs or waterslides, it can count on greater interest of holidaymakers and luxury lovers. For some people, the pool is so important that they choose a hotel for it, while for others, it's just a nice addition that they can use if they have enough time. Although not everyone loves swimming, for many a visit to the pool is a great opportunity to relax or spend time in good company. After a long day, full of impressions, the ones most liked are those with intimate lighting, water massage zones and air bubbles. The most popular are pools located among the greenery with a beautiful view - it is best that the pool has a swim-up bar to which customers can swim to enjoy a drink without leaving the water.

Unfortunately, all this means that many anthropogenic pollutants are introduced into the pool water. It is contaminated with e.g. pharmaceuticals, detergents, food ingredients, personal care products, industrial additives, natural and synthetic hormones, and other chemicals, commonly referred to collectively as Contaminants of Emerging Concern (CECs).

The objective of the presented research was to investigate the occurrence of CECs in hotels swimming pools. Analyzes of swimming pool water samples were carried out based on the extraction of SPE analytes and their chromatographic determination using gas chromatograph with mass detection (GC-MS) with electron ionization (EI). Identification of micropollutants was carried out by interpreting the obtained mass spectra using the NIST 17 Mass Spectral Library.

The examined hotel pools showed the presence of, among others, ingredients of very popular stimulants or cosmetics such as caffeine and nicotine, anti-inflammatory drugs (e.g. ibuprofen), antioxidants (e.g. butylated hydroxytoluene) and UV-filters used in popular personal care products or sunscreens.

The classic hotel pool water treatment methods are not effective in removing most of the identified substances. For this reason, additional processes of pool water treatment should be considered. The closed-circuit technology used in swimming pool installations may promote the accumulation of the described compounds and their derivatives in the pool water environment.

Acknowledgment

This work was supported by National Science Centre, Poland (No. 2018/29/N/ST8/01352)

**ENVIRONMENTAL SAFETY OF MOTOR TRANSPORT
ENTERPRISES WITHIN URBAN AREAS**

V. V. Lukyanova¹, O. M. Trofymchuk², Ye. S. Anpilova²

¹National Transport University, Kyiv, Ukraine

²Institute of Telecommunication and Global Information Space, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

It is known that in 2017 the Government of Ukraine presented National Report "Sustainable Development Goals: Ukraine". It covers the baseline for achieving seventeen Targets, taking into account the specifics of national development. In order to achieve Goal 11 "Sustainable development of cities and communities" and Goal 6 "Ensuring the availability and rational use of water resources and sanitation for all", it is intended to reduce the adverse impact of pollutants, including on the environment of cities, through the use of innovative technologies; increase the efficiency of water use; to reduce the volume of discharges of untreated sewage, first of all with the use of innovative technologies of water treatment at the state and local levels. In view of the above, research aimed at preserving water resources and introducing environmentally sound technologies and production should be considered as relevant.

Today technological advancement stage of urban areas development is accompanied by an increase in pollution of the environment and, first of all, pollution of the hydrosphere. Water resources are the main component of technological processes occurring in industry, therefore the issue aimed at increasing the level of environmental safety, in particular, wastewater treatment without adverse impact to the environment and human health is relevant.

The preliminary environmental analysis of the motor transport enterprise (MTE) activity has been carried out. It has been established that about twenty environmental aspects identified in the departments of technical inspection and repair and service have an adverse impact on the state of the environment. Substantial impact on the environment occurs when sewage containing petroleum products, washing liquids, waste lubricants and contaminated by products of tissue origin enters the soil and water objects and their resources. On the basis of the preliminary analysis, the authors have identified the environmental aspects of the company's activity and proposed an environmental policy as an essential element for the implementation of the environmental management system.

Researchers conducted with the aim of determination of MTE sewage composition have revealed excessive content of polluting chemical substances and namely: suspended substances, phosphates, iron, fats, oil products and synthetic detergents. Studies on the determination of qualitative indicators of waste water were carried out twice a week during 2 months in the

environmental laboratory of the National Transport University. Investigations of sewage sorption treatment of the MTE were conducted in static conditions.

As sorbents for purification of MTE oil containing sewage the carbonaceous sorbents of plant origin were used. They were obtained from waste wood industry: sawdust of pine, birch, walnut in the mode of low temperature single stage carbonization in the range of temperatures 250-4500°C with a step of 500°C and at duration from 3 to 15 minutes in 3 minutes increments. The expediency of the use of carbonaceous sorbents of vegetable origin, which were obtained from the waste wood industry for wastewater treatment of the enterprise, was investigated.

The main qualitative indicators of MTE sewage before and after sorption treatment were presented in Table 1.

Table 1

Main qualitative indicators of MTE sewage before and after sorption treatment

№	Criteria	Sewage characteristic value prior to discharge into municipal sewerage	Measurements results	
			Output sewage	Sewage after sorption treatment
1	Smell	–	oil	Whisper oil
2	Colour	–	Light yellow grey	Light grey
3	pH (pH unit)	6,5-9,5	8,5	7,2
4	Muddiness	–	muddy	Slightly muddy
5	Dry residues (mg/dm ³)	10000	520,0	325,0
6	Suspended substances (mg/dm ³)	300,0	308,9	95,0
7	Phosphates (mg/dm ³)	8,0	8,9	3,2
8	Nitrogen ammonium (mg/dm ³)	20,0	11,9	5,4
9	Acid capacity (COD) (mg/dm ³)	500,0	253,7	80,3
10	Chloride (mg/dm ³)	240,0	50,8	33,2
11	Sulphate (mg/dm ³)	380,0	75,8	20,4
12	Iron (total) (mg/dm ³)	2,0	2,5	1,3
13	Oil products (mg/dm ³)	4,5	6,8	1,05
14	Anionic-Surfactants (mg/dm ³)	20,0	31,5	9,4
15	Fats (mg/dm ³)	50,0	39,4	12,5

It was revealed that the process of sorption purification improved the quality of waste of water by the motor transport enterprise to the standard values.

The proposed recommendations for the implementation of the environmental management system will gradually reduce the impact of the company on the main components of the biosphere. Effective implementation of the environmental management system will help to increase the competitiveness of the enterprise and lead to an economic effect by saving raw materials, materials, energy resources, reducing environmental payments and penalties.

CHARACTERISTICS OF THE DEAMMONIFICATION PROCESS AND THE INFLUENCE OF MAIN FACTORS ON THIS PROCESS

Joanna Majta, Hussein Al Hazmi, Dominika Grubba, Jacek Małania

Gdańsk University of Technology, Gabriela Narutowicza Street 11/12, 80-233 Gdańsk,
Poland, e-mail: joamajta@pg.edu.pl

Characteristics of the deammonification process

The deammonification process has been recognized as an energy-saving alternative to nitrification and denitrification. It combines partial nitrification and anammox (PN/A). Compared with traditional technology, deammonification reduces aeration costs by about 60-65% (Gude 2015), does not require additional carbon source and reduces excess sludge (Feng et al. 2017). There are many different limitations to the deammonification process and many factors affect its efficiency. During the research conducted at the Gdańsk University of Technology, the influence of various factors on the deammonification process has been studied over the last two years: temperature, oxygen concentration, length of oxygenation and mixing phases, influence of C/N and also N₂O was checked. This study aims to present the most important of them.

Temperature

Research carried out during the experiments showed that the higher temperature positively affects the ammonium utilization rate (AUR) and gradual lowering of temperature causes the decrease of this value, what is shown at Fig. 1.

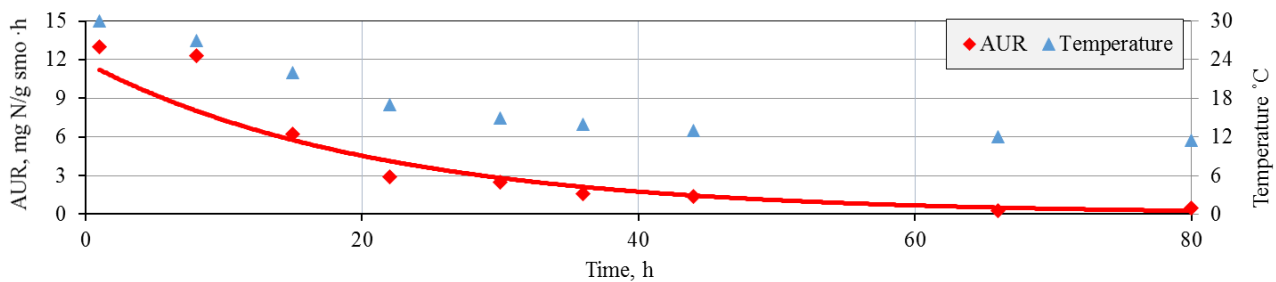


Fig. 1. NH₄-N, NO₃-N and NO₂-N concentrations and AUR at 30°C

High temperature effectively inhibits NOB, due to the faster rate of AOB growth compared with NOB. It is recommended that the temperature should be above 30-35°C to maintain optimal growth conditions for AOB (Kanders et al. 2014). Considering energy consumption, it is recommended that the temperature in the deammonification process be 20 - 30°C.

pH

The pH range in the deammonification process for AOB growth is usually 7.0 - 8.6, with the optimal value being 8.0 (Jaroszyński et al. 2011). In turn, the pH range for NOB is 6.0 - 7.5, with

the most optimal at 7.0 (Yin et al. 2016). Lu et al. (2017) showed that the optimal pH value for AAOB is 7.6. Based on the above examples the optimal pH range for the deammonification process is 7.5 - 8.

Aeration strategy

Our studies investigated the effect of oxygen and anoxic phase elongation in the deammonification process. We noticed an increase in the efficiency of removing total nitrogen from 71% to 76% after extending the aerobic phase from 2 min to 4 min. In turn, the extension of the anoxic phase had the opposite effect - extending it from 3 minutes to 10 minutes caused a decrease in the efficiency of removing total nitrogen from 69% to 59%. The intermittent aeration is considered an effective NOB-inhibition strategy.

In our research, we investigated the effect of various DO concentrations on the deammonification process expressed by the AUR and NPR values. It turns out that increasing the DO value from 0.5 g O₂/m³ to 1.0 g O₂/m³ increases the AUR value from 8.2 mg N/ (g VSS·h) to 10.8 mg N/ (g VSS·h), while the NPR increases from 2.5 mg N/ (g VSS·h) to 3.6 mg N/ (g VSS·h). This results in an increase in NPR/AUR ratio from 0.3 to 0.33, which confirms that too high concentration of DO causes inhibition of the process, inhibits anammox bacteria and promotes NOB.

Summary

Deammonification is a very promising process due to the reduction of costs related to aeration of reactors and dosing of an external carbon source, as well as due to lower sludge production. However, ensuring optimal conditions is a huge challenge for this process.

References

- Feng Y, Lu X, Al-Hazmi H, Mąkinia J. An overview of the strategies for the deammonification process start-up and recovery after accidental operational failures. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2017;16:541–568.
- Gude VG. Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015;45:52–68.
- Jaroszyński LW, Cicek N, Sparling R, Oleszkiewicz JA. Importance of the operating pH in maintaining the stability of anoxic ammonium oxidation (anammox) activity in moving bed biofilm reactors. *Bioresour Technol* 2011;102:7051–7056.
- Kanders L, Areskoug T, Schneider Y, Ling D, Punzi M, Beier M. Impact of seeding on the start-up of one-stage deammonification MBBRs. *Environ. Technol.* 2014;35:2767–2773.
- Lu X, Yin Z, Sobotka D, Wiśniewski K, Czerwionka K, Xie L, Zhou Q, Mąkinia J. Modeling the pH effects on nitrogen removal in the anammox - enriched granular sludge. *Water Sci Technol* 2017;75:378–386.

ZAGROŻENIA SKAŻENIA WODY PITNEJ WODĄ Z INSTALACJI PRZECIWOŻAROWYCH

Agnieszka Malesińska¹, Andrzej Czapczuk², Jacek Dawidowicz³

¹Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

² Pion Naukowo-Badawczy F.B.I. TASBUD S.A. Grupa F.B.I. TASBUD

³Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Wstęp

Jednym z dopuszczalnych źródeł wody dla instalacji przeciwpożarowych jest sieć wodociągowa. Z uwagi na specyfikę działania instalacji przeciwpożarowych oraz obowiązujące procedury jej eksploatacji i konserwacji, bezpośrednie przyłączenie tego typu instalacji do sieci wodociągowej może stanowić zagrożenie dla jakości wody pitnej.

Możliwe zagrożenia skażenia wody pitnej ze strony instalacji przeciwpożarowych

Jednym z typów instalacji przeciwpożarowych są instalacje nawodnione. Oznacza to, że woda jest przetrzymywana w tych instalacjach przez lata (w zależności od wymagań przepisów, według których wykonana została instalacja przeciwpożarowa). Z uwagi na zmieniające się warunki w otoczeniu takich instalacji, również parametry wody typu temperatura, zawartość tlenu, skład chemiczny i biologiczny ulegają zmianom. Dodatkowo okresowo dopompowywana jest porcja świeżej wody w celu utrzymania wymaganej wysokości ciśnienia w niepracującej instalacji. Z tych powodów woda wypełniająca instalacje przeciwpożarowe może mieć dużo gorsze parametry jakościowe od parametrów wody pitnej. Zgodnie w przeprowadzonymi badania [1], zaobserwowano:

1. przekroczenie dopuszczalnego stężenia ołowiu i kadmu oraz żelaza i manganu,
2. obecność w wodzie oleju wykorzystywanego przy cięciu rur stalowych,
3. zmianę zapachu i barwy wody,
4. po stronie wysokiego ciśnienia w pobliżu zaworu zwrotnego instalacji tryskaczowej zwiększone stężenie całkowitego węgla organicznego,
5. zmianę stężenia rozpuszczonego tlenu na długości poziomego przewodu w funkcji odległości od zaworu odcinającego danej sekcji tryskaczowej,
6. bakterie chorobotwórcze, w tym bakterie coli, które najprawdopodobniej zostały wprowadzone do systemu podczas budowy.

Ponadto w instalacjach przeciwpożarowych możemy spotkać się z substancjami:

1. przeciw zamarzaniu wody,
2. pianotwórczymi,
3. dezynfekującymi (zapobieganie korozji biologicznej).

Podsumowanie

Odnotowane przypadki skażenia wody pitnej przez wodę z instalacji przeciwpożarowej, związane były między innymi z uszkodzeniem zaworu zwrotnego lub ze znacznym obniżeniem ciśnienia wody w sieci wodociągowej. Obecnie instalacja wody pitnej chroniona jest przed zanieczyszczeniem przez zawory antyskażeniowe. Nowoprojektowane instalacje przeciwpożarowe nie powinny stanowić zagrożenia dla jakości wody pitnej, a dodatkowa wysokość ciśnienia, niezbędna na pokrycie straty na zaworze antyskażeniowym, jest uwzględniona w wymaganej wysokości ciśnienia dla prawidłowego działania instalacji przeciwpożarowej przy danym zagrożeniu pożarowym na etapie obliczeń hydraulicznych. Problem pojawia się w przypadku istniejących instalacji przeciwpożarowych, w układzie w którym nie zastosowano zabezpieczenia antyskażeniowego odpowiedniej klasy (wymagania projektowe sprzed 10/15 lat). Modernizacja takich układów wymaga uwzględnienia obowiązujących obecnie poziomów zabezpieczeń antyskażeniowych. Wiąże się to jednak z wprowadzeniem do układu dodatkowej starty miejscowej sięgającej nawet 10 m słupa wody. W przypadku istniejącej instalacji przeciwpożarowej stara ciśnienia o takiej wysokości może doprowadzić do utraty przez instalację zdolności ugaszenia lub kontrolowania płomienia przy danym zagrożeniu pożarowym. W celu zachowania projektowanej sprawności instalacji przeciwpożarowej często niezbędna będzie przebudowa tejże instalacji, co może wiązać się ze znacznymi kosztami.

Literatura

- [1] Steven J. Duranceau and Jacqueline V. Foster: Impact of Wet-Pipe Fire Sprinkler Systems on Drinking Water Quality, AWWA Research Foundation and American Water Association USA 1998

**OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW O RÓŻNEJ LEPKOŚCI
W ZMODYFIKOWANYCH OSADNIKACH WIROWYCH**

M. Markowska, M. Ochowiak, S. Włodarczak, M. Matuszak

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska

e-mail: malgorzata.markowska@doctorate.put.poznan.pl

Zanieczyszczenia występujące w spływach wód opadowych mają swoje pochodzenie głównie ze źródeł antropogenicznych [1]. Największy udział w zanieczyszczeniach mają zawiesiny ogólne. Stanowią one również nośnik dla niektórych metali ciężkich, bakterii czy substancji olejowych. Zawiesiny mogą pochodzić z erozji gruntu, ale również ze zmiotek ulicznych czy nawierzchni asfaltowych [1, 2]. Ścieki są charakteryzowane szerokim zróżnicowaniem pod względem wartości wskaźników jakościowych oraz składu podczas spływów deszczowych lub roztopowych. Bardzo istotna jest tzw. pierwsza fala zanieczyszczeń, ponieważ wyróżnia się wówczas największe obciążenie hydrauliczne dla odbiorników wodnych z jednoczesnym maksymalnym stężeniem składników zanieczyszczających [1, 3]. Ograniczenie zrzutu ścieków do środowiska polega na zastosowaniu odpowiednich urządzeń separujących w punktach ujmowania ścieków i/lub przed wprowadzaniem do obiegu naturalnego [3, 4]. W przypadku ich braku obserwuje się wiele niekorzystnych zjawisk, takich jak: zmętnienie wody i zmniejszenie intensywności procesu fotosyntezy, eutrofizację, obecność trudno rozkładalnych substancji pochodzenia organicznego i ropopochodnych czy skażenie wody bakteriami o negatywnym oddziaływaniu [4]. Urządzeniami wstępnie oczyszczającymi ścieki są osadniki, opierające się na zasadzie zjawiska sedymentacji. Klasycznym przykładem jest osadnik poziomy charakteryzujący się dużą powierzchnią zabudowy o stosunkowo niewielkiej głębokości, której stosunek do długości urządzenia wynosi od 1:20 do 1:30 [4]. Wymaga on jednak wykorzystania znacznej powierzchni użytkowej. Prowadzone współcześnie badania nad konstrukcjami osadników skutkują powstawaniem nowych rozwiązań, mających na celu zwiększenie skuteczności oczyszczania strumieni cieczy. Autorzy [4] zaproponowali modyfikację osadnika poziomego, której charakterystycznymi elementami było zastosowanie przegrody na wejściu do urządzenia oraz przelewu pływającego będącym regulatorem przepływu. Modyfikacja ta nadal cechowała się dużym gabarytem.

W niniejszej pracy zaprezentowano opracowaną modyfikację osadników o przekroju kołowym i niewielkiej powierzchni zabudowy w planie, które wykorzystują ruch wirowy wydłużający drogę opadania cząstek. Przedstawiono wyniki badań doświadczalnych separacji zawiesin w zależności od lepkości fazy ciągłej. Zmodyfikowany osadnik wirowy charakteryzował się zanurzonym króćcem wlotowym zakończonym kolankiem 135° ukierunkowanym na ścianę

zbiornika. Rozwiązanie to pozwala na wytworzenie ruchu wirowego wewnątrz zbiornika. Dodatkowo osadnik wyposażono w przegrodę zawieszoną w osi zbiornika w połowie między wlotem a wylotem z osadnika. Ujście z urządzenia uproszczono względem standardowych rozwiązań separatorów. Oczyszczano ciecze o różnej lepkości, ze względu na określenie zależności opadania cząstek ciała stałego i oporów przepływu od charakterystyki płynu. Zastosowanym materiałem badawczym były ziarna kwarcu i skaleni o gęstości $2,6 \text{ g/cm}^3$, natomiast fazą ciągłą była woda wodociągowa o lepkości $1 \text{ [mPa}\cdot\text{s]}$ oraz roztwory gliceryny o lepkościach $2, 4, 6, 8$ i $10 \text{ [mPa}\cdot\text{s]}$. Sprawność oczyszczania osadnika wirowego uzależniono od obciążenia hydraulicznego, które opisuje równanie:

$$Q_h = \frac{Q}{F} \quad (1)$$

gdzie: Q_h jest obciążeniem hydraulicznym [$\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$], Q – objętościowym natężeniem przepływu, F – powierzchnią zabudowy w planie.

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że najwyższe wartości sprawności oczyszczania osiągnęto przy najniższej lepkości płynu, czyli dla wody wodociągowej, gdzie dla $Q_h = 63,5$ sprawność osiągała wartość 71% dla cząstek o średniej średnicy $0,125 \text{ mm}$. Wraz ze zwiększeniem lepkości cieczy analizowana konstrukcja osadnika wirowego charakteryzowała się malejącym stopniem separacji cząstek stałych. Przy tym samym obciążeniu hydraulicznym stopień separacji dla roztworów gliceryny o rosnącej lepkości wynosił kolejno 68%, 65%, 61%, 55% i 51%. Uzyskane wyniki mają znaczenie dla projektowania systemów oczyszczających ścieki o różnej lepkości, ponieważ przebadana konstrukcja uzyskuje zadowalające rezultaty przy zachowaniu prostej budowy aparatu.

Podziękowanie

Praca została sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (03/32/SBAD/0902).

Literatura

- [1] Zawilski M., Sakson G., (2013). Ocena emisji zawiesin odprowadzanych kanalizacją deszczową z terenów zurbanizowanych, *Ochrona Środowiska*, 35, 2, 33-40.
- [2] Gajewska M., Stosik M., Wojciechowska E., Obarska-Pempkowiak H., (2013). Wpływ technologii oczyszczania ścieków na spektrum rozmiarów cząstek w odpływie, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 1191-1206.
- [3] Gnecco I., Berretta C., Lanza L.G., La Barbera P., (2005). Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy, *Atmospheric Research*, 77, 60-73.
- [4] Mrowiec M., Pluta K., (2015). Innowacyjna konstrukcja osadnika ścieków opadowych, *Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska. Tom 6*, Andrzej Kotowski, Katarzyna Piekarska, Bartosza Kaźmierczak (Red.). Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 259-271.

**SANITARY AND HYGIENIC COMPONENT FOR MONITORING
OF THE RIVER NETWORK OF POKUTSKO-BUKOVYNIAN CARPATHIANS**

A. Masikevich

Bukovina State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

The increase of anthropogenic pressure on the natural and semi-natural mountain ecosystems of the Carpathians, which has taken place in the last decade, is accompanied by a violation of the hydrobiological, hydrochemical and microbiological balance of the river network of this region. However, in spite of this, the using of sanitary and microbiological indicators for monitoring the ecological status of mountain ecosystems is insufficient, rather episodic (Mudrak, 2012; Patyka, Symochko, 2013; Emöke Páll, 2018) and does not concern studying of separate functional zones of protected areas.

During the last decade, we conducted research of the sanitary and microbiological conditions of the river network of the Pokutsko-Bukovynian territories of different anthropogenic loads. As a benchmark, quality indicators of watercourses of the protected zone of the National Nature Park "Vyzhnytskiy" were studied. In order to identify the representatives of microbiocenosis and invertebrates hydrobionts, a synthetic fibrous carrier of the type "Vija" (TU 6-06-C116-87, tex 350) was used. The obtained results indicate an increase in the level of pollution of the river network with organic remains of economic and communal origin. In particular, in the watercourses of the traditional management zone, the indexes of the amount of suspended substances increased by 4-5 times, the content of dissolved oxygen decreased significantly with the increase of the values of the parameters of BOC₅, COC, total oxidation. Investigation of the microbiological state of surface water of the river network (coli-index, coli-titre, total microbial number) has been shown to exceed 2-4 times the normative indicators adopted in the EEC countries (Surface Water Directive: 75/440). A significant difference was established between the quantitative and qualitative microbiocenose composition of protected territories and territories that have long been (more than 25 years old) in the zone of traditional management and active forestry activities. It was also shown that the artificial perifion of the artificial carrier "Vija" in the surface waters of the protected areas contains 12 species and subspecies of hydrobionts, and as far as the transition to traditional economic landscapes is concerned, there is a significant reduction of their biodiversity.

Based on the conducted research it can be argued that the sanitary-microbiological parameters of the river network can serve as sensitive indicators of the balance of the development of the territory and the level of ecological safety of the mountain ecosystem.

TECHNICAL CONTROL OF INDUSTRIAL WASTE WATER

M. Mikhalieva¹, M. Ruda², T. Boyko²

¹Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine

²Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukrain

Industrial, agricultural, and domestic wastewater, as a type of treated liquid water waste, is the main source of man-induced load and the deterioration of surface water characteristics that do not have time to recover. Therefore, their control methods include heightened requirements, the fulfillment of which is impossible during the production process and at wastewater treatment plants without the introduction of operational methods for monitoring concentrations of standardized substances. Usually, a list of standardized substances - their names and concentrations are indicated in the enterprise certificates.

As is known, even all analytical methods are not able to cover the whole variety of modern pollutants. And the operational and automated monitoring the composition of multicomponent liquids, which are real liquid wastes, is complicated by the long duration of the analysis in the conditions of industrial chemical laboratories. In addition, the methodological errors of existing laboratory studies of the concentrations of controlled substances in enterprises can reach up to 50%, and in some cases up to 100%.

Therefore, scientific research in order to improve operational methods for controlling the composition of dissolved substances in liquids during production processes, and environmental monitoring are timely and relevant. Electrical methods can provide automation of in-house analysis by enterprises themselves and external control, in particular by supervisory state institutions.

The immitance spectroscopy method is widely used today to study the mechanism of charge transfer at the solid-electrolyte, solid-gaseous media phase boundaries, in particular when establishing the relationship of the properties of various materials with their electrical parameters. Also, with its help, the study of anti-corrosion heterostructures, electrode materials and non-conductive solid solutions is carried out. However, the immitance method, according to the available scientific literature, has certain limitations, for example, it is not used to study the content of multicomponent liquids.

The novelty of the research performed is the study of the components of the complex electrical parameters of industrial wastewater, differing in the content and concentration of pollutants, by using a test electromagnetic signal in a different frequency range in order to develop a theory of the dielectric properties of liquids depending on their composition.

To obtain the dependences of the electrical parameters of aqueous solutions on the chemical nature and concentration of components, RLC-meters of various brands were used in the scientific

research, in particular BR2827 in the frequency range 50 Hz ... 100 kHz and signal levels 0.01 V ... 2.00 V with a resolution of 0.01 V. BR2827 is a highly sensitive RLC-meter with a wide measuring range which is controlled by a 16-bit microprocessor. The built-in IEEE488, RS232C, BR2827 interfaces can be used for an automated system and computer remote control.

Based on the results of the immitance study, the values of the electrical parameters corresponding to the concentrations of the components of the liquids, the so-called calibration curves, are determined, as well as the method was proposed for operational control of the concentration of the substance-electrolyte in the liquid by the sign and the measured value (positive, zero, negative) of the reactive conductivity component in accordance with experimentally established test signal parameters and the volume of liquid in the converter.

It is found that by using copper-modified carbon electrodes, an amplification of the electric signal is achieved in the presence of a copper salt in the liquid. This makes it possible, by the measured value of the reactive conductivity component at a specified frequency, to control rapidly and selectively low concentrations of copper sulfate (starting from thousands of grams per liter) in a multicomponent liquid of unknown composition.

The developed methodology of operational control of the concentration of controlled substances in technical liquids and treated wastewater consists of two main stages: (1) study of the control model - liquids with the maximum permissible concentration of the controlled substance, performed in the laboratory (2) and the actual automated control process for a real object.

The method for studying the composition of liquids proposed on the basis of experimental studies can be used to quickly identify substances – non-electrolytes and determine their concentration in complex mixtures by using the measured values of the active and reactive components of conductivity at a certain frequency of the test signal and observing the volume of liquid in the converter. The method has a number of advantages over the existing ones, namely, the concentration of the substance, which can be determined in compliance with the requirements of the developed method – 0,01-0,001 mg/l; measurements are performed in real time without the need for sampling and concentrating; the accuracy of the analysis is 1-10% and is sufficient to solve the problems of analysis.

Another important advantage of the method is the short measurement time, not exceeding several seconds. The simplicity of the design of the primary converter enables rapid mass analysis of a wide range of controlled substances. It is possible to automate the process of express-control of the composition of liquids, which can be applied in real production conditions. In combination with the observance of the existing production and environmental standards of a particular enterprise, the development will contribute to the saving of material resources and ensure the minimum environmental impact of liquid waste.

**WYKORZYSTANIE POMIARU POTENCJAŁU ZETA
W OPTYMALIZACJI PROCESU KOAGULACJI WÓD POWIERZCHNIOWYCH**

Dominik Mroczko^{1,2}, Izabela Zimoch¹

¹Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

²Przedsiębiorstwo Usług Technicznych DEMPOL-ECO, ul. Składowa 9, 45-125 Opole

Celem przeprowadzonych badań jest analiza użyteczności pomiaru potencjału zeta, a ściślej biorąc, punktu izoelektrycznego zanieczyszczeń koloidalnych, do predykcji rodzaju i dawki koagulantu, w procesie koagulacji wód powierzchniowych. Dodatkowo zbadana została efektywność koagulacji z wykorzystaniem czterech rodzajów koagulantów glinowych.

Koagulantami wykorzystanymi w badaniach były: siarczan glinu (AIS), nisko-zasadowy chlorek poliglinu (PAC) oraz wysoko-zasadowe chloro-wodorotlenek poliglinu (PACl) i chloro-wodorotlenek siarczan poliglinu (PACS). Obiektem badań była woda powierzchniowa z rzeki Mała Panew, charakteryzująca się wysoką zawartością naturalnej materii organicznej, oraz sezonową zmiennością parametrów jakościowych (TOC w zakresie 6 – 13 mgC·L⁻¹).

Pierwszym, kluczowym etapem badań było wyznaczenie wykresu zależności potencjału zeta (ζ) w funkcji dawki koagulantu $\zeta=(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$. Następnie wyznaczone dawki koagulantów wykorzystano do przeprowadzenia koagulacji standardową metodą jar-test. Efektywność procesu oceniona została na bazie otrzymanych parametrów jakościowych. Oprócz oceny redukcji naturalnej materii organicznej (TOC, DOC) analizie poddane zostały: pH, mętność, barwa, zasadowość, UV₂₅₄ oraz stężenie Al.

W przeprowadzonych badaniach punkt izoelektryczny osiągnięty został najszybciej w przypadku PACl a najwolniej w przypadku AIS. Również wyniki analizy potencjału zeta w funkcji zaaplikowanej dawki glinu $\zeta=(\text{mgAl}\cdot\text{L}^{-1})$, przeprowadzone ze względu na różną procentową zawartość Al³⁺ w koagulantach, potwierdziły najwyższą efektywność PACl. Szywność osiągnięcia punktu izoelektrycznego przedstawiała się w kolejności (malejąco): PACl (4.39 mgAl·L⁻¹), PACS (5.64 mgAl·L⁻¹), PAC (7.36 mgAl·L⁻¹), AIS (8.92 mgAl·L⁻¹).

Analiza parametrów jakościowych wykazała, że we wszystkich czterech przypadkach wykorzystanie dawek koagulantów wyznaczonych na bazie analizy punktu izoelektrycznego pozwoliło na osiągnięcie bardzo podobnych poziomów redukcji dla takich parametrów jak: TOC, DOC, mętności, barwy i UV₂₅₄. Fakt ten wykazuje uniwersalność zastosowanej metody wyznaczania dawek koagulantów. Osiągnięcie zadowalających: 40% redukcji TOC, 90% w przypadku barwy i mętności dowodzi również, że metoda jest precyzyjna i dobrze ilustruje zmiany

zachodzące w procesie koagulacji. Dotychczas szeroko stosowana metoda jar-test, często wykonywana jest na zasadzie „chybił-trafił”, nie dając pewności uzyskania odpowiednich rezultatów, będąc jednocześnie bardzo czasochłonną. W przypadku AIS i PAC odnotowano negatywne zjawisko znacznego zakwaszenia uzdatnionych wód (spadek wartości pH z 7.95 do 6.48 dla AIS oraz do 6.91 dla PAC, zasadowości z $1.95 \text{ mval}\cdot\text{L}^{-1}$ kolejno do: 1.01 i $1.40 \text{ mval}\cdot\text{L}^{-1}$). Dodatkowo zastosowanie technologii opartej na AIS skutkowało drastycznym wtórnym zanieczyszczeniem uzdatnianej wody glinem, w przypadku którego stężenie w wodzie po koagulacji wzrosło z $92.7 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ do $712.3 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (o 670%).

Słowa klucze: koagulacja, koagulanty wstępnie zhydrolizowane, potencjał dzeta.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL
CALIBRATION OF HYDRAULIC MODEL
OF THE SELECTED MUNICIPAL WATER SUPPLY NETWORK

A. Musz-Pomorska¹, M. K. Widomski¹, Ł. Ponikowski²

¹Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, ul. Nadbystrzycka 40 B,
20-618 Lublin, email: a.musz-pomorska@pollub.pl

²absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska

Availability of numerous computer models allowing numerical simulation of water supply systems and possible integration among databases GIS (Geographic Information System), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) and CIS (Customer Information System) results in increased application of modeling by water supply companies in systems operation and management.

The available pieces of simulation software based on mathematical models allow reflecting operation of water supply network and simulation of variable random events, possible on the network, without interference in real, existing systems. One of the most important aspects of practical application of numerical simulations is calibration of models, usually based on minimization of differences between results of calculations and values measured empirically, possible due to determination of physical and operational characteristics of the water supply system.

This paper contains calibration results of hydraulic model of the selected municipal water supply network. The tested hydraulic model was developed in EPANET 2.0, basing on data provided by the local water supply company and water demand determined due to domestic watermeters readings. The calibration was performed by trial-and-error method using results of pressure measurements in selected points of network. The characteristics of pipelines selected to calibration covered pipe material roughness, pipe diameter and hydraulic characteristics of applied pumps.

The performed calibration of model representing the real water supply network revealed several problems including availability of in-situ measurements results and validation of fitting degree of tested variables in calibration module of EPANET 2.0. The performed statistical analysis allowed assessment of model data fitting in several nodes of the developed model.

Key words: water distribution, hydraulic model, calibration, EPANET

**CZAS POBORU CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ
W BUDYNKACH MIESZKALNYCH WIELORODZINNYCH**

Jerzy Nejranowski, Władysław Szaflik

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ciepłownictwa; al. Piastów 50, 70–311 Szczecin,
e-mail: jerzynej@zut.edu.pl
e-mail: szaflik@zut.edu.pl

Z instalacji wody ciepłej i zimnej, woda nie wypływa przez cały czas, pomiędzy chwilami w których jest ona pobierana, występują przerwy. Wielkość instalacji oraz zasiedlenie budynku wpływa istotnie na te przerwy. W budynkach mieszkalnych wielorodzinnych obserwuje się zmniejszanie zużycia zimnej i ciepłej wody na przestrzeni lat [1, 2, 5, 6]. Jest to związane głównie z redukcją wypływów z punktów czerpalnych (montażem oszczędnych baterii czerpalnych i natrysków) oraz wyposażanie mieszkań w pralki i zmywarki. Można przypuszczać, że w związku z powszechnym montażem urządzeń automatycznych do prania i zmywania uległ zmianie czas użytkowania instalacji ciepłej wody.

Na podstawie wielodobowych pomiarów zużycia ciepłej wody w ośmiu budynkach mieszkalnych wielorodzinnych, o liczbie punktów czerpalnych od 36 do 291, określono efektywny czas trwania poboru w poszczególnych dobach pomiarowych. Następnie wartości te uśredniono dla dni pomiarowych i przedstawiono w zależności od liczby punktów czerpalnych. Na podstawie otrzymanych wartości z pomiarów i przyjętego modelu poboru ciepłej wody [3], z wykorzystaniem metody najmniejszych kwadratów, określono liczbę godzin użytkowania instalacji w ciągu doby.

W pracy [3], wykorzystując złożony rozkład Bernoulliego określono zależność na prawdopodobieństwo braku poboru wody $H(0)$ z instalacji w budynku (pobór = 0), co wiąże się z zerową liczbą otwartych zaworów ($K=0$); ma on postać:

$$H(0) = (1 - P)^N \quad (1)$$

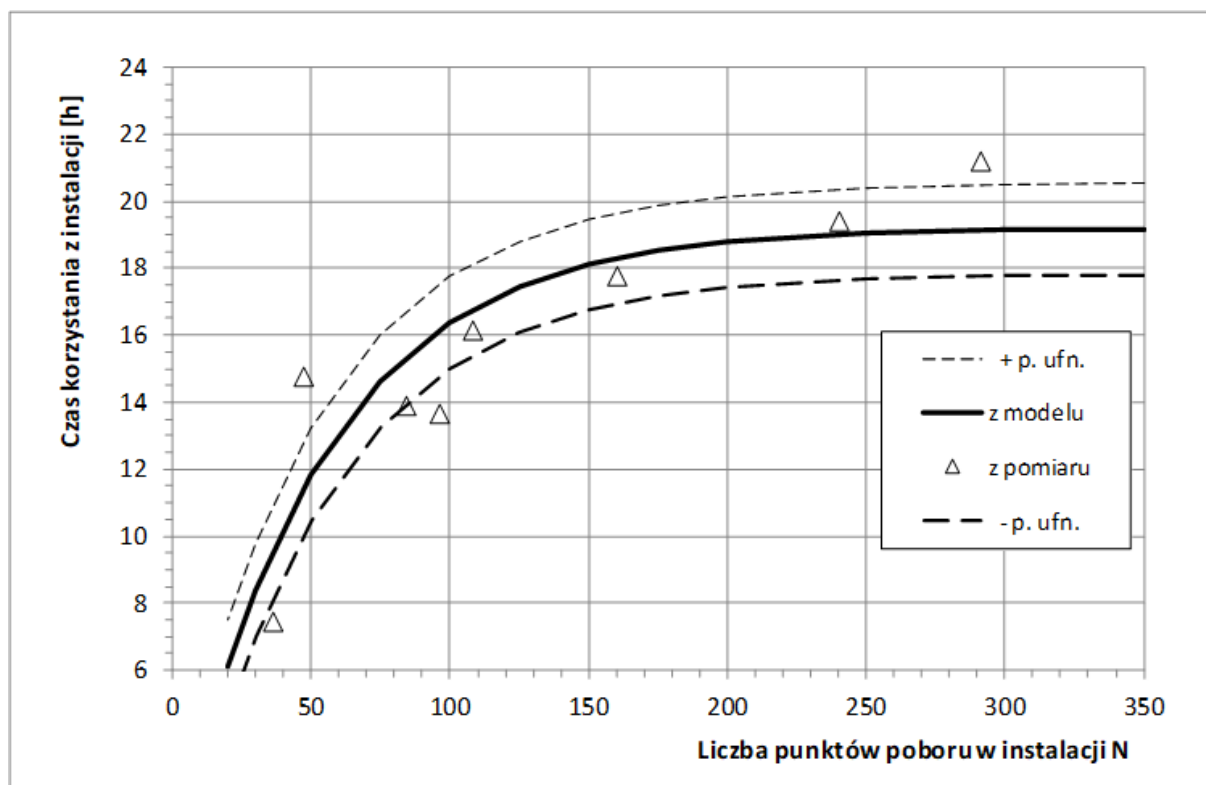
gdzie: P – prawdopodobieństwo otwarcia pojedynczego zaworu czerpalnego w czasie doby,
 N – liczba punktów czerpalnych

Prawdopodobieństwo otwarcia zaworu czerpalnego określono z zależności:

$$P = \frac{\tau_{zd}}{\tau_d} \quad (2)$$

gdzie: τ_{zd} – średni czas otwarcia zaworu ciepłej wody w czasie doby,
 τ_d – średni czas korzystania z instalacji ciepłej wody w ciągu doby,

Na rysunku 1, dla optymalnej wartości czasu trwania cyklu dziennego, pokazano czas poboru ciepłej wody z centralnej instalacji w zależności od liczby punktów poboru N , określony na podstawie przedstawionego modelu poboru ciepłej wody i wyników pomiarów zużycia ciepłej wody [3] wraz z przedziałami ufności dla poziomu istotności 0,95.



Rys. 1. Czas poboru ciepłej wody z centralnej instalacji w zależności od liczby punktów poboru N , wraz z przedziałami ufności dla poziomu istotności 0,95, określony na podstawie modelu poboru ciepłej wody i wyników pomiarów zużycia ciepłej wody

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki obliczeń średniego czasu trwania poboru ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych o różnej liczbie mieszkańców. Wykorzystano w tym celu złożony rozkład Bernoulliego [3]. Parametry rozkładu określono na podstawie wyników długotrwałych pomiarów poborów chwilowych ciepłej wody w ośmiu budynkach mieszkalnych wielorodzinnych o różnym zaludnieniu i łącznej liczbie 1060 punktów czerpalnych. Na podstawie analizy otrzymanych wyników określono średni czas użytkowania instalacji ciepłej wody. Średnia wartość tego czasu dla przyjętego poziomu istotności $\alpha = 0,95$ wynosi $19,2 \pm 1,4$ godziny, czyli mieści się w przedziale 17,8 do 20,6 godziny. Podany w normie PN-92/B-01706 [4] czas użytkowania instalacji ciepłej wody wynoszący 18 godzin zawiera się w tym przedziale.

Bibliografia

- [1] American Water Works Association, Sizing water service lines and meters M22, Third Edition, Denver, AWWA 2014,
- [2] Buchberger S. i inni: Peak Water Demand Study, Probability Estimates for Efficient Fixtures in Single and Multi-family Residential Buildings. IAPMO, January 2017
<http://www.iapmo.org/WESstand/Documents/Peak%20Water%20Demand%20Study%20-%20Executive%20Summary.pdf>
- [3] Nejranowski J.: Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych dla potrzeb wymiarowania układów jej przygotowania. Rozprawa doktorska WBIA ZUT w Szczecinie. Szczecin 2018,
- [4] PN-92/B-01706 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu,
- [5] Shaflik W.: Sovremennye sistemy gorjachego vodosnabzhenija, Kiew, Taki spravy, 2010
- [6] Szaflik W., Nejranowski J.: Pobory chwilowe ciepłej wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Instal. 2019, nr 7-8, str. 17-21

**KONCEPCJA I BADANIA WIROWYCH REGULATORÓW
PRZEPLYWU WÓD OPADOWYCH**

M. Ochowiak, S. Włodarczak, M. Markowska, A. Krupińska

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska

e-mail: marek.ochowiak@put.poznan.pl

Regulator przepływu jest urządzeniem zaprojektowanym tak, aby zapewnić stały wypływ bez względu na poziom cieczy na wylocie. Urządzenia te wykorzystywane są w sieciach, regulując przepływ wód opadowych. Przeważnie są używane w konstrukcjach takich jak: komory burzowe, przelewy burzowe, zbiorniki retencyjne wód opadowych, sieci kanalizacyjne ścieków opadowych, urządzenia oczyszczające wodę [1]. W tradycyjnych urządzeniach regulujących przepływ, takich jak kryzy, przepustnice czy zasuw, stosunkowo prostą regulację natężenia przepływu można osiągnąć przez zmianę przekroju rury, na której są zamontowane [2, 3]. W hydrodynamicznych regulatorach przepływu do wywołania wirowego przepływu cieczy w komorze aparatu wykorzystuje się energię napływającej do aparatu cieczy. Wytworzony wir powoduje miejscowe zachłystywanie, co skutkuje zmniejszeniem natężenia wypływu cieczy z komory oraz znacznie zwiększa opory przepływu przez regulator [3]. Zjawisko to jest wykorzystywane również w rozpylaczach wirowych, z których to zaczerpnięto ideę wprowadzenia tzw. otworu ślepego (ang. *core-hole*) [4]. Autorzy pracy [4] zaproponowali modyfikację konstrukcji rozpylacza celem ustabilizowania grubości filmu. Polegała ona na wykonaniu tzw. cylindrycznego otworu ślepego w osi rozpylacza. Badania potwierdziły, że taka modyfikacja pozwala uzyskać praktycznie stałą grubość filmu cieczy, co więcej, mniejszą niż w rozwiązaniu standardowym. Modyfikacja taka skutkowała również bardziej regularnym zarysem rozpylanej strugi. Przenosząc to rozwiązanie konstrukcyjne na regulatory przepływu, w określonych warunkach można by uzyskać inne wartości współczynnika przepływu cieczy.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych współczynnika przepływu dla zmodyfikowanych regulatorów przepływu. Zaprojektowano i wykonano szereg wirowych regulatorów przepływu: cylindryczny, stożkowy, profilowany oraz regulatory z otworem ślepyim o wspomnianych kształtach. Przebadano regulatory przepływu o różnym kształcie komory wirowej oraz regulatory z „otworem ślepyim”. Sporządzone projekty zrealizowano w oparciu o system szybkiego wytwarzania modeli tzw. wydruk 3D. Wykorzystana w tym procesie technologia FDM polega na stopniowym nakładaniu kolejnych warstw stopionego polimeru w taki sposób, aby powstał pożądaný obiekt. Otrzymane wydruki odzwierciedlają przestrzenny model komputerowy. Materiałem, z którego wykonano regulatory jest wzmacniany kopolimer akrylonitrylo-butadieno-

styrenowy, odporny na uszkodzenia mechaniczne. Współczynnik przepływu wyznaczany jest doświadczalnie, indywidualnie dla każdego regulatora. Brak charakterystyk hydraulicznych określających związek ilościowy i jakościowy parametrów geometrycznych z dławiącym działaniem urządzenia, wyrażonym współczynnikiem przepływu uniemożliwia ocenę wiarygodności działania takich urządzeń, zwłaszcza o dużych gabarytach. Wartość współczynnika przepływu służy głównie do porównania skuteczności dławienia przepływu z klasycznymi urządzeniami dławiącymi [3].

Ilość dostępnych w literaturze wyników badań dotyczących wirowych regulatorów przepływu wykorzystanych do dławienia przepływu cieczy jest wciąż nieznaczną, a ich opis działania sprowadza się praktycznie do wzoru Toricellego:

$$\mu = \frac{Q}{A_1 \sqrt{2g\Delta H}} \quad (1)$$

gdzie: Q jest objętościowym natężeniem przepływu cieczy, A_1 – polem przekroju poprzecznego króćca wlotowego, g – przyspieszeniem ziemskim, ΔH – spiętrzeniem cieczy.

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że najniższe wartości charakteryzowały regulatory cylindryczne ($\mu = 0,53$), wyższe – stożkowe ($\mu = 0,54$), a najwyższe profilowane ($\mu = 0,62$). Wykazano, że regulator cylindryczny oraz stożkowy bez otworu ślepego cechują się najwyższymi efektywnościami dławienia strumienia cieczy. Należy podkreślić, że wpływ otworu ślepego nie jest do końca potwierdzony, gdyż wpływ na jego działanie ma nie tylko konstrukcja regulatora, ale również jego inwariant geometryczny oraz same wymiary. Uzyskane wyniki mają znaczenie nie tylko poznawcze, ale i praktyczne, gdyż przebadane konstrukcje regulatorów przepływu cechują się stosunkowo prostą konstrukcją niewymagającą elementów ruchomych, zatem celowa wydaje się kontynuacja ich modelowania i badań.

Podziękowanie

Praca została sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (03/32/SBAD/0902).

Literatura

- [1] Biocent Sp. z o.o., 2019. *Regulatory przepływu* (5.2019): <https://biocent.com.pl/regulatory-przeplywu>
- [2] Kotowski A., (2011). *Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa.
- [3] Kubiak E., Rasińska M., Grabowski W., (2015). Charakterystyki przepustowości wirowego regulatora stożkowego z niezatopionym i zatopionym wylotem, *Przegląd Naukowy. Inż. Kształt. Środ.*, 69, 224-235.
- [4] Kim S., Khil T, Kim D., Yoon T., (2009). Effect of geometric parameters on the liquid film thickness and air core formation in a swirl injector, *Measu. Sci. Tech.*, 21(3), 1-11.

**PREPARATION WATER SOLUTIONS OF POLYACRYLAMIDE
IN TAYLOR-COUETTE STREAM**

V. Orel, B. Pitsyshyn, I. Popadyuk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

The ecological security of sewage water transporting system is extremely urgent. Since the flow rate (throughput) of a network of rain sewers is limited, there emerges a problem of its operation in the case of extreme over-loadings during intensive rainfall. The use of hydrodynamically active polymers (HDAPs) leads to restoration of proper operation of pipelines because their flow rate (throughput) increases due to the decrease in hydraulic friction. Periodicity and short-lasting of the application of HDAPs in such cases make their application expedient.

It is only in the cases when the rate of their solving does not matter that the application of HDAPs in the form of solutions is expedient. In the course of preparation of water solutions polyacrylamide (PAA), impeller mixers with small number of revolutions are applied; these mixers are located in the tank for preparation of these solutions. With this, there takes place destruction of the HDAP solutions due to mechanical destruction of molecules. This leads to decrease or to full cease of the influence of HDAP in the hydraulic resistance.

The aim of this work is the investigation of preparation of water solutions of polyacrylamide in Taylor-Couette stream.

In this work, a set-up with cylinders was used; the internal cylinder rotated at an angular speed of 61...272 revolutions per minute. The height of the external cylinder was 15.3 cm, its diameter was 14.1 cm; the diameter of the internal cylinder was 11.5 cm.

The PAA water solution whose mass concentration was 100 ppm was investigated. The concentration was determined by the amount of the water-free substance of PAA in the solution (TY 6-01-1049-92).

The measured parameters were the number of revolution of the internal cylinder, the voltage and current of the d. c. electric motor, as well as the temperature, density and viscosity of water and of the PAA water solution. The values of the coefficient of friction in the gap between cylinders and those of Reynolds numbers for water and the PAA solution whose mass concentration was of 100 ppm were calculated.

Under the values of Reynolds number greater than 100 000, long-lasting mixing of the PAA water solution whose concentration is of 100 ppm do not change the initial effectiveness of such solutions.

BADANIA TECHNOLOGICZNE MIESZANYCH WÓD PODZIEMNEJ I POWIERZCHNIOWEJ PODSTAWĄ MODERNIZACJI STACJI UZDATNIANIA WODY

Paweł Pruss

AQUA S.A. ul. Kanclerska 28, 60-327 Poznań, Polska, p.pruss@aqua.poznan.pl

W badaniach technologicznych oczyszczano wodę surową dopływającą do istniejącej stacji uzdatniania wody, która zasilana była z dwóch źródeł wody. Podstawowym źródłem wody było ujęcie wody powierzchniowej. Drugim źródłem wody surowej jest woda podziemna.

Woda powierzchniowa zasilającą SUW zakwalifikowana była do kategorii A3. Parametrami istotnymi z punktu widzenia technologii uzdatniania były: temperatura, pH, zasadowość, indeks $KMnO_4$, Absorbancja UV254, OWO, NH_4 , Zawiesina ogólna, Feog, Mn.

Woda podziemna (studzienna) zasilającą SUW zakwalifikowana była do 3 klasy jakości. Parametrami istotnymi z punktu widzenia technologii uzdatniania były: temperatura, pH, zasadowość, indeks $KMnO_4$, Absorbancja UV254, OWO, NH_4 , Zawiesina ogólna, Feog, Mn.

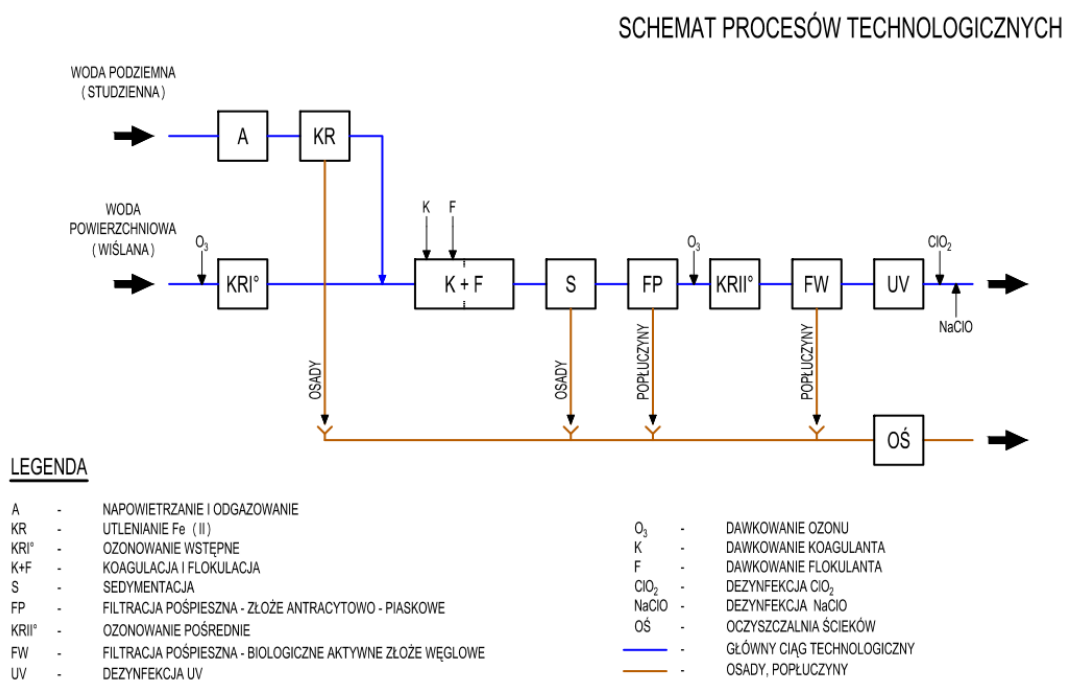
Celem badań było zaproponowanie technologii uzdatniania dającej możliwość osiągnięcia parametrów i wskaźników jakości wody, lepszych niż wymagane przepisami (RMZ).

Do badań technologicznych wykorzystano instalację badawczą składającą się z urządzeń modelowych pozwalających na przeniesienie uzyskanych wyników na skalę techniczną. Z uwagi na dwa źródła wody surowej (woda powierzchniowa i podziemna) do budowy instalacji przewidziano urządzenia i układy technologiczne odpowiednie do uzdatniania obu tych wód. Fotografia 1 przedstawia fragment instalacji badawczej



Fotografia 1. Instalacja badawcza.

Na podstawie przeprowadzonych badań technologicznych na układzie modelowym, badań na pracującym w skali technicznej ciągu technologicznym oraz wcześniejszego monitoringu pracy istniejącej SUW, określono schemat procesów technologicznych oraz wytyczne do modernizacji istniejącego układu technologicznego. Schemat docelowych procesów technologicznych pokazano na Rysunku nr 1



Rysunek 1. Schemat docelowych procesów technologicznych.

Słowa kluczowe:

Badania technologiczne, urządzenia modelowe, wytyczne do projektu, modernizacja SUW

Bibliografia

Pruss A., Pruss P. Rola badań technologicznych w procesie inwestycyjnym. Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody. Rozdział I, Ochrona wód, uzdatnianie i eksploatacja stacji wodociągowych, 2015, vol. 4, 89-100 ISBN 978-83-934758-5-8

Pruss P., Pruss A., Stacja uzdatniania wody podziemnej od badań technologicznych do jej uruchomienia, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna”, 2010 nr 11, s. 16-21

RMZ – Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi

**THE USE OF ALGAE IN THE ACTIVE BIOMONITORING
OF SELECTED WATER RESERVOIRS**

Małgorzata Rajfur*, Agnieszka Dolhańczuk-Śródka i Daniel Janecki

Institute of Environmental Engineering and Biotechnology, Opole University,

ul. kard. B. Kominka 6, 45-032 Opole, Poland,

*Corresponding author: mrajfur@o2.pl

Abstract:

In the years 2016-2018 was conducted the biomonitoring research on three water reservoirs located in the Swietokrzyskie Province (central Poland): Kielecki reservoir, Lake Chancza and Lake Sielpia. In the marine algae *Palmaria palmata* (Linnaeus), Weber & Mohr and freshwater algae *Spirogyra* sp., exposed in the tested waters, were determined increases in concentrations of Mn, Fe, Cu, Zn, Cd and Pb using atomic absorption spectrometry (AAS). In the water were also determined the pH, conductivity and concentrations of heavy metals.

The differences were pointed out in increases in concentrations of heavy metals in algae samples exposed along the shoreline, which results from varying distances from the sources of contaminations, which can be eg. recreation centers and aggregate mine. Designating the *BCF* (*Bioconcentration factor*) also indicated better sorption properties of marine algae *Palmaria palmata* compared with *Spirogyra* sp. algae in saline and eutrophised reservoirs.

Keywords: marine and freshwater algae, heavy metals, biomonitoring, water reservoirs, atomic absorption spectrometry

INVESTIGATION OF THE DRINKING WATER TREATMENT QUALITY IN ZHYTOMYR CITY

O. V. Sapura, A. V. Dumansky

Institute of Colloid Chemistry and Water Chemistry
National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The Zhytomyr water supply system receives all its raw water from the Teteriv River (water intake “Vidsichne”). The existing Water Treatment Plant is composed of two facilities with a total design capacity of 170,000 m³/d. The actual capacity of the existing water treatment plant in years 2015-2016 was 80000-85000 m³/day. The quality of the water at the current location of the intake has been deteriorating, while the water flow exceeds the current and anticipated water demand.

Zhytomyr Water Treatment Plant (WTP) is performed by two treatment stations. The Station 1 was constructed in 1965, it has a capacity of 70,000 m³/d and the Station 2 was constructed in 1982, it has a capacity of 100,000 m³/d.. The treatment consists of a coagulation, flocculation, dehydration, and filtration. The degree of automation is very low, in addition, equipment has exceeded their service life in general. The quality of raw water has gradually deteriorated, so that the existing system lacks the necessary processes to ensure high quality treatment in accordance with the current legislation of Ukraine.

The aim of the work is to assess the ecological state of drinking water of Zhytomyr using the results of the experimental research.

To achieve the goal, the following tasks are set:

- studying the ecological state of e water in Teteriv River (water intake “Vidsichne”).
- conducting analysis and assessment of the ecological state of Teteriv River.

The water quality parameters that need conditioning in the cleaning process include coloration, turbidity, the content of iron and manganese compounds, permanganate oxidation, and phytoplankton.

The results of the analysis are presented in the following tables.

Table 1

Source water quality for the three years (data from analysis)

Quality Parameters	2013			2014			2015		
	min.	avg.	max.	min.	max.	avg.	min.	max.	avg.
Coloration, degrees	22	76	48	28	92	50	22	64	34
Turbidity, mg/dm ³	2,3	12,2	6,15	1,5	9,2	4,55	1,4	15,6	6,13
Odor, points	slight/1	weak/2	slight/1	slight/1	slight/1	slight/1	slight/1	slight/1	slight/1
Permanganate oxygen demand, mg/dm ³	8,0	17,68	10,48	8,0	19,0	11,9	6,72	13,7	9,8
Aluminium, mg/ dm ³	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	04	<0,04	0,04	0,04

Turbidity and suspended matter. Turbidity is a common parameter in raw water (more often in surface, but also in groundwater). Turbidity can be reduced to required values with clarification and filtration. The largest part of turbidity constitutes suspended matters. The inlet total suspended solids concentration will be up to 50 mg/l.

Iron and manganese. The problems associated with the presence of Fe^{2+} and Mn^{2+} are diverse. Hydraulic systems appreciably affected by the gradual insolubility occurring in the pipes, as a result of the corresponding metal solids. Sometimes these incrustations even cause jamming. Hereby the transport capacity of pipes is reduced and may even lead to galvanic corrosion even catalyzing the facilities especially at elevated temperatures. In certain concentrations, the presence of these ions increases the development of bacteria (*Loptothrix*, *Crenothrix*, *Gallionella*, *Ferribacillus*, etc.). Iron and manganese present in raw water (as surface and underground), are removed by precipitation, wherein it is necessary to first perform the oxidation of iron and manganese ions and transform them into a form of metallic oxide.

Permanganate oxygen demand. In the raw water intended for human consumption, one of the most important parameters that influence decisively in the treatment process is the content of organic matter (OM). Organic matter can interact with certain reagents of use. Reactions with chlorine gas giving chloramines. It also generates odors and flavors inside the water. Organics are removed by using oxidation and adsorption.

Scent and flavors. Chemicals in the water such as phenols, various hydrocarbons, chlorine, organic matter decomposition or essences released by different algae or fungi can give very strong odors and flavors to water, even if they are in very small concentrations. Salts or minerals give salty or metallic taste, sometimes without any odor. The strong “muddy” odor is produced by algae and can not be removed with the oxidant such as chlorine and permanganate, which is confirmed by the operation of existing plant and laboratory test. The odor was successfully removed in laboratory tests by using activated carbon.

Color. Increased color is an indirect phenomena in relation to other pollutants in water (present organic pollution, turbidity, algae, etc.), which means that it will be reduced by removal of other pollutants.

Alumina. Elevated values of alumina are only present in the treated water from existing plant. The concentration of alumina in raw water is below required level. Alumina is present in treated water as residual from the treatment of raw water probably as result of the use alumina sulphate.

In order to provide the above parameters of water quality is necessary to reconstruct the water treatment facilities of the city of Zhytomyr, including replacement of pumping equipment, electromechanical equipment and pipelines.

**PILOT STUDY ON SLUDGE DEWATERING OF
ANAEROBICALLY DIGESTED SLUDGE WITH MULTI DISC DEHYDRATOR**

A. Shevchenko, O. Miasoiedov

PRODEKO-ELK Sp. z o.o., Elk, Poland

Constantly growing energy consumption leads to a search for alternative renewable energy sources. One of the promising solution in this regard is the production of energy from biogas combustion. There are different raw organic materials and methods applicable for biogas production, but the technology of anaerobic digestion of a biodegradable feedstock is of the greatest interest due to different aspects.

One of the main difficulties encountered in operation of biogas plants is the disposal of digested sludge. The choice of the method for disposal depends on several factors, among which the type of initial sludge, its quantity and local circumstances. Still, the most common method for digestate utilization is the land reclamation. This methods requires preliminary sludge dewatering process to be done for proper storage and land disposal.

The existing methods for the digestate dewatering process have their advantages and disadvantages. The multi disc presses can be one of the most efficient solution for dewatering of this type of sludge regarding to its properties.

The aim of the work is to obtain the best operating parameters of such equipment and evaluate its applicability for digestate dewatering process for biogas plants.

Hence, the pilot study was carried out on the biogas plant located in Warmian-Masurian Voivodeships of Poland. Existed technology includes corn silage and pig manure digestion with fresh water and part of digested sludge additions. Generated digested sludge contains 5 % of dry solid (DS) in it. The sludge is hard to dewater due to poor flocculation ability and inadvisable coagulant addition which could spoil digestion process and possibility for land reclamation. Dewatering process is also complicated with sludge composition which contains silage. Due to this, pump, pipes and other technological parts of equipment may clog during operation. Thus, multi disc dehydrator seems to be a good solution for dewatering of this type of sludge.

The pilot study consisted of two main parts: preliminary reagent treatment selection in EKOTON IG laboratory and dewatering tests itself on multi disc dewatering unit. In order to define appropriate reagent treatment for sludge dewatering process, laboratory tests of coagulants and flocculants of different types, relative charge and molecular mass were carried out. The sludge turned out hard to coagulate or flocculate. High dosage of cationic polyacrylamides (PAA) with low charge were of slight efficiency, but with extremely contaminant filtrate (over a dozen of g/l).

To obtain clear filtrate, complicated reagent treatment technology was also tested which consisted of coagulation with further consequent anionic and cationic polymer addition. However, the necessary coagulant dosage was impossible to reach in pilot studies due to rapid reaction with high foaming.

After laboratory reagent treatment studies, it was decided to try three types of dewatering tests depending on reagent treatment:

1. Raw sludge dewatering,
2. Flocculated (SNF EM 640 HIB) sludge dewatering,
3. Dewatering after set of coagulant (FeCl_3 40 %) and flocculant (SNF EM 640 HIB) treatment.

Pilot tests were conducted on multi disc dewatering unit JD-500 manufactured jointly by EKOTON and Tsurumi companies. During the tests, different operation parameters, such as rotation frequency of thickening and dewatering zones' rolls, mixing stirrer rotation speed in flocculation chamber, sludge flow rate and flocculant dosage were adjusted to find the optimal ones.

The following results were obtained:

- Despite of hard to dewater sludge, multi disc dehydrator is considered as high effective dewatering equipment and can be recommended for treatment of this type of sludge.
 - Obtained cake structure makes it possible for further transportation or drying.
 - Dewatering technology based on multi disc press has a low electricity and water consumption as well as a small footprint.
 - Regarding to obtained data, optimal capacity of JD-500 dehydrator was varying between 23 to 48 kg DS/h for this type of sludge for all types of reagent treatment.
 - Increasing roll rotation speed can rise equipment productivity with insignificant cake dryness influence.
- It was managed to obtain dewatered sludge with DS content of:
 - o 14 % without reagent treatment (2,9 times volume reduction),
 - o 17 % with cationic flocculant treatment (3,7 times volume reduction),
 - o 22 % with coagulant and flocculants (4,6 times volume reduction).
- Total suspended solids content in filtrate was varying from ≈ 12 to ≈ 18 g/l. The filtrate clarity depends on roll rotation speed and productivity.
- The optimal flocculant was found to be of low charge, but this topic still requires further studies. The choice of polyelectrolyte can influence on the filtrate clarity, cake dryness and equipment capacity.

PRESENCE OF CYSTOSTSIC DRUGS IN HOSPITAL WASTEWATER

S. Skupiński, J. Czerwiński

Faculty of Environmental Engineering, Lublin University of Technology, Lublin, Poland,

e-mail: j.czerwinski@pollub.pl

Micropollutants, such as pharmaceuticals, constitute a new challenge for wastewater treatment plants and the industry. Medicines are designed to ensure their maximum biological activity. Cytotoxic agents, used in the treatment of cancer are one of the compounds characterized by strongest effect [1].

In recent years, a significant increase in the application of chemotherapeutic drugs is observed, along with their appearance in the environment [2,3].

For many years, there were no standards regulating the limitations on the introduction of medicines to the environment. Significant amounts of these pollutants were discharged with municipal wastewater to treatment plants, which were not adapted for their removal. It was shown that the standard technologies are characterized by low efficiency in terms of removing active substances of drugs and their metabolites. Therefore, it is necessary to implement additional steps in the technological system of treatment plants, based on advanced oxidation processes such as ozonation and UV irradiation [4]. Moreover, numerous substances negatively impact the biotechnological processes, inhibiting biochemical reactions and multiplication of utilized microorganisms. Many studies on micropollutants focus only on the efficiency of their removal, not accounting for the hindrance of the entire process [1].

Determinations of cisplatin, oxaliplatin, and carboplatin as well as their derivatives was carried out with ICP-MS method, using Agilent 8900 apparatus. The standard curve method and an external standard will be used. Mineralization in aqua regia will be performed in Mars microwave digestion system. In the case of the samples with high organic substances content, additional oxidizing media will be used if necessary (H_2O_2 , $HClO_4$).

Concentration levels ranging from 0.7 to $145 \mu g \cdot L^{-1}$ were obtained as a sum of analysed compounds.

Determinations of iphosphamide and cyclophosphamide was carried out with HPLC-MS/MS method, using Agilent 1200 series HPLC and Q-trap 4000 MS/MS system. Results showed that cyclophosphamide was present in hospital wastewater in the range $375 - 5141 ng \cdot L^{-1}$, while

iphosphamide was present in some months in effluents from only one wastewater treatment plant and hospital effluents in the range 56 -1413 ng·L⁻¹.

Results of our investigations (24 samples) are similar to the results presented

1. A. C. Avella, L. F. Delgado, T. Görner, C. Albasi, M. Galmiche, i P. de Donato, „Effect of cytostatic drug presence on extracellular polymeric substances formation in municipal wastewater treated by membrane bioreactor”, *Bioresour. Technol.*, t. 101, nr 2, s. 518–526, sty. 2010.
2. A simultaneous determination of anti-cancer drugs in hospital effluent by DLLME HPLC-FLD, together with a risk assessment”, *Chemosphere*, t. 201, s. 178–188, cze. 2018.
3. Development of an analytical methodology for the analysis of priority cytostatics in water”, *Sci. Total Environ.*, t. 645, s. 1264–1272, grudz. 2018.
4. A. Olalla, N. Negreira, M. López de Alda, D. Barceló, Y. Valcárcel, „A case study to identify priority cytostatic contaminants in hospital effluents”, *Chemosphere*, t. 190, s. 417–430, sty. 2018.
5. L. Kovalova, C. S. McArdell, J. Hollender, „Challenge of high polarity and low concentrations in analysis of cytostatics and metabolites in wastewater by hydrophilic interaction chromatography/tandem mass spectrometry”, *J. Chromatogr. A*, t. 1216, nr 7, s. 1100–1108, luty 2009.

**ECONOMIC, RELIABILITY AND TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF SELECTED
VARIANTS OF FIRE PROTECTION OF UNDERGROUND PARKING LOT**

B. Strawa¹, M. K. Widomski², A. Musz-Pomorska²

¹absolwentka Wydziału Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska

²Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska,
ul. Nadbystrzycka 40 B, 20-618 Lublin, email: m.widomski@pollub.pl

This paper presents the multivariate analysis of four designed systems of fire protection for multiposition underground car parking lot. The designed systems for 3563 m² of parking covered: the standard fire hydrants, sprinklers (wet and dry) and nozzles. The proposed fire protection was assessed due to its cost-efficiency, reliability and technology. The financial assessment was based on dynamic generation costs (DGC), net present value (NPV) and benefic-cost ratio (BCR) determined after assessment of the investment as well as operation and maintenance costs. The reliability analysis was based on calculated readiness indicator while technological aspects were assessed according to i.e. speed of action, required volume of water, sensitivity to low temperatures, degree of automation and facilitation of fire-fighting action. Finally, all the developed indicators were applied to weight sum model method, assuming wages for each criterion, i.e. 10%, 50% and 40% for economics, reliability and technological aspects, respectively.

Table 1

Point assessment of all tested variants of fire protection

Installation	Financial criterion	Reliability criterion	Technological criterion
Standard hydrants	4	4	1
Wet sprinklers	3	3	3
Dry sprinklers	2	3	3
Nozzles	1	2	1

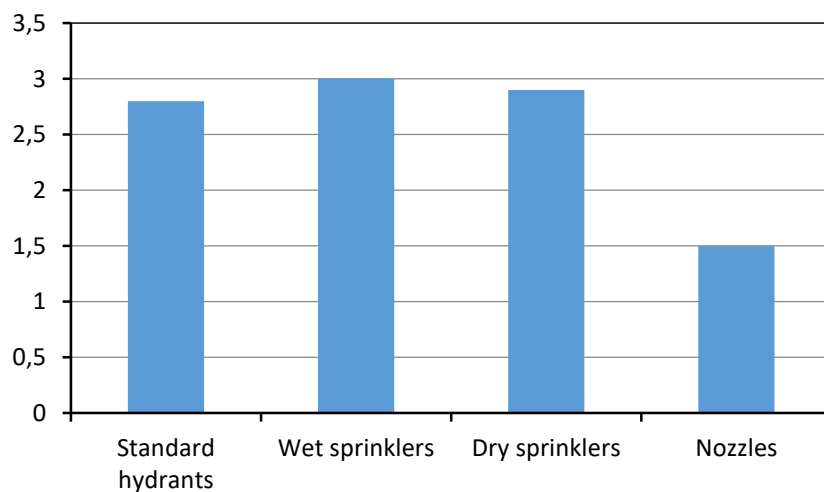


Figure 1. Results of weighed sum model analysis

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

The assessed investment costs of all tested variants, standard fire hydrants, sprinklers (wet and dry) and nozzles, were equal 48460.69, 320551.12, 313421.12 and 1138892.72 PLN, respectively. In all the tested cases the NPV presented negative values (the lowest for nozzles), while BCR was equal to zero, thus the investment in all cases would generate only financial costs, not benefits. The lowest DGC indicator was determined for the standard fire hydrants installation, the highest for nozzles. The performed reliability analysis showed relatively high coefficients of readiness, from 0.9728 (nozzles) to 0.9984 (hydrants). The best results during technological assessment were noted for both types of sparkling installation. The determined results (see Tab. 1 and Fig 1.) of weighed sum model showed that the highest efficiency, according to assumed criteria of assessment, was presented by wet sprinklers installation.

**A METHOD OF UNDERPRESSURE REDUCTION IN A DOMESTIC SEWAGE
DISPOSAL SYSTEM DEDICATED TO ENERGY EFFICIENT BUILDINGS**

Zbigniew Suchorab, Danuta Barnat-Hunek, Monika Garbacz

Lublin University of Technology, Lublin, Poland

e-mail: z.suchorab@pollub.pl

The policy of the sustainable development in housing sector has created a demand to raise highly effective buildings in the terms of energy consumption. Among them the passive houses play a significant role. The idea of their performance is significantly different from the functioning of the traditional houses. One of the most visible differences is the airtightness of the buildings envelopes, that prevents from the excessive heat loses. This forces both architects and sanitary engineers to avoid assembling the sewage exhaust vents at the top of the sewage risers, over the roofs. This approach may disturb the proper performance of the whole domestic sewage system and run to the underpressure phenomenon, that may run to drain water from the siphons while using the sanitary accessories. This in turn may negatively influence the indoor air parameters by the emission of the odorous gases from the sewage system to the rooms.

There are some engineering solutions to minimize this problem of the domestic sewage system performance – the most popular is to assemble the aeration valves instead of the exhaust vents, that can be mounted at tops of the risers or even below the sanitary fittings. Such an approach is a temporary solution, and should not be applied as a main ventilation of the sewage system in any building. The main reason is the reliability of this type of appliances – which are made of plastic and rubber elements and after some period of time may lose their airtightness and start to emit the odorous gases. Another important negative consequence of the aeration valves application is the improper influence on urban sewage system aeration. Aeration valves provide only the minimal amount of air and do not remove odorous gases from the system. Replacing the standard exhaust vents with aeration valves runs to the insufficient air delivery and odour removal, which in turn negatively influences oxygen processes that occur in the urban or municipal sewage systems.

In this work we propose a solution for the energy efficient buildings or the passive houses, that enables to apply the exhaust vents instead of the aeration valves. Aeration of the domestic sewage system consists of the traditional exhaust vent that is installed on sewage drain outside the building. On the other hand at the top of the riser we propose to mount a hermetic air vessel which conserves the air that could be utilized while the use of the sanitary device, helping to reduce the underpressure and preventing from the siphons draining.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Laboratory tests conducted on the model riser of such a system with the hermetic vessels fixed at the top have confirmed the usefulness of such solution. Measured value of the underpressure has been reduced between 15 and 68% depending on the volume of the air vessels applied and the amount of water used by the sanitary devices. This percentage values confirm the efficiency of the proposed solution in reducing the risk of the water drain from the siphons and thus the risk of odorous gases emissions to the indoor rooms from the domestic sewage system.

CALIBRATING WATER DISTRIBUTION SYSTEM MODEL WITH HYDRANT TESTS

Paweł Suchorab, Dariusz Kowalski

Lublin University of Technology, Lublin, Poland

e-mail: p.suchorab@pollub.pl

The calibration process is an inherent but also the most challenging part of a proper assembling of water distribution system (WDS) hydraulic model. During its endless continuance, if necessary, the data describing the WDS model is adjusted until model-predicted results reasonably agree with the measured system performance. To ensure its compatibility over a wide range of operating conditions, the calibration process should include not only typical residual flows but also peak demand periods. To obtain data necessary for simulation of high flow conditions, fire hydrant flow tests are commonly used. The additional application of fire-hydrant tests is the possibility of pipe roughness calculation. Among many parameters possible for adjustment (water demands, pump characteristics, etc.), the pipes' roughness fine-tuning may lead to the satisfactory level of model and system convergence.

The aim of this paper is to present the case study of calibrating distribution pipes' roughness in a highly complex WDS in Poland. The WDS located in mountainous area, consists of 260 km pipe lines in 24 pressure zones and delivers water to approx. 30 000 inhabitants, including both household and industrial customers. The material structure of a water supply network includes asbestos cement, ductile iron and steel pipes in the oldest city district, and PE and PVC pipes prevailing in newer districts. The pipe's roughness calibration was based on two-gage head loss tests, conducted for 5 different pipe segments. The roughness coefficients were calculated in accordance to Prandtl-Karman and Colebrook-White formulas. Due to the fact that fire hydrant head loss tests have very local character, their results may be misleading during extrapolating roughness coefficients to remaining parts of the network. Therefore, the second part of pipe's roughness calibration was based on simulations in Bentley WaterGEMS using Darwin Calibrator with implemented genetic algorithm (GA). The main idea of Darwin Calibrator, a comprehensive tool supporting the process of calibration, is to compare model and system performances and search for the most corresponding solution by adjusting demands or pipe's roughness. In the following case, the individual adjustment of roughness coefficients was performed for each pressure zone of the WDS, within each the pipes were divided into 5 material groups. The additional hydrant tests were performed in each pressure zone to cause a significant high flow in a zone. As a result, the adjusted roughness coefficients lead to a better convergence between model and WDS, decreasing fitness parameter from 16.75 to 4.23.

WYZNACZANIE HYDROGRAFÓW RTK NA PODSTAWIE DANYCH POMIAROWYCH

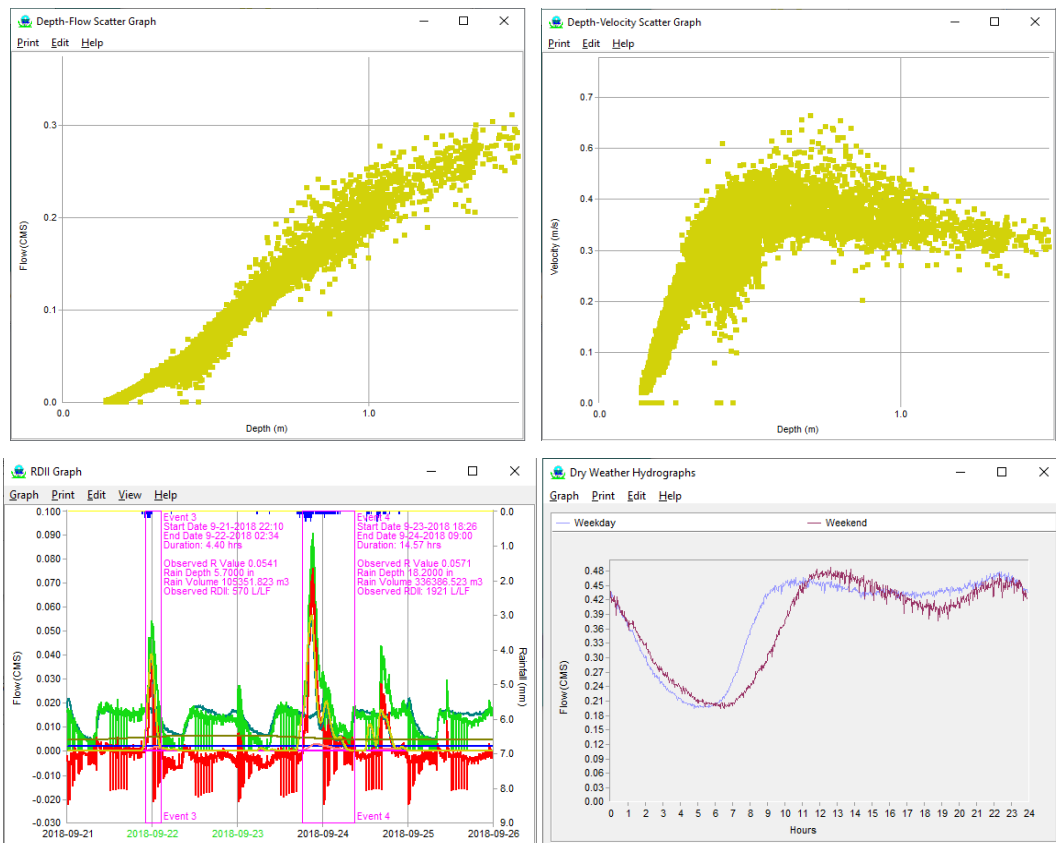
Mirosław Sudol

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska,
Politechnika Warszawska, 00-653 Warszawa, ul. Nowowiejska 20,
email: miroslaw.sudol@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: monitoring sieci kanalizacyjnych, bazy danych, modelowanie sieci kanalizacyjnych, hydrografy RTK

Streszczenie

W prezentacji przedstawione zostaną możliwości wykorzystania aplikacji SSOAPToolbox do wyznaczania hydrografów RTK. Za pomocą tego narzędzia możliwe jest przetwarzanie i analiza dużych zbiorów danych pomiarowych gromadzonych dla sieci kanalizacyjnej. Aplikacja umożliwia analizę zarówno danych deszczowych jak i danych o natężeniu przepływu ścieków w punktach monitoringu. Powiązanie danych opadowych, spływu powierzchniowego z odpowiedziami sieci kanalizacyjnej umożliwia ustalenie wartości hydrografów RTK. Zastosowanie aplikacji przyspiesza analizę i ocenę jakości dużych ilości danych i może być użytecznym składnikiem procesu budowy i kalibracji modeli sieci kanalizacyjnych.



ANAEROBIC CO-DIGESTION OF BREWERY SPENT GRAIN AND MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE UNDER MESOPHILIC AND THERMOPHILIC CONDITIONS

A. Szaja*, A. Montusiewicz, M. Lebiocka, E. Nowakowska

Lublin University of Technology, Faculty of Environmental Engineering

Nadbystrzycka 40B Str., 20-618 Lublin, Poland, +48 81 5384406,

*Corresponding author: a.szaja@pollub.pl

Brewery spent grain (BSG) is a main by-product of brewery industry produced globally in large quantities. It finds several applications as food supplement and cattle feed. Due to its chemical composition and significant biogas potential, it may be considered as a source of renewable energy. However, mono-digestion of BSG is not efficient enough mainly due to the demand of long hydraulic retention times and low biodegradability of lignin, one of the BSG component. The application of different thermal, mechanical and chemical pretreatments has recently been proposed to omit this limitation. Unfortunately, the implementation of these techniques could involve additional investment and operational costs. Additionally, it might result in the formation of inhibitory intermediates such as phenolic compounds that could adversely affect the anaerobic digestion process. On the other hand, the BSG energetic potential may be profitable co-digesting this substrate with sewage sludge (SS). The presence of vitamins, mineral salts and amino acids as well as the beneficial C/N ratio and high buffering capacity of BSG could supplement the composition of SS, significantly improving the biogas production and providing good process stability in exploiting digesters.

The anaerobic digestion may be carried out under different conditions, both mesophilic (30-40°C) and thermophilic (55-65°C). The former, provides stable biogas production and requires less energy input as compared to thermophilic temperature. On the other hand, the thermophilic conditions lead to higher substrate degradation and ensure a significant reduction of pathogens. In addition, it may result in enhanced biogas production. However, it can also lead to some process instability and generate additional costs, and thus for many substrates the mesophilic temperatures, are still recommended. The recent studies on anaerobic digestion of lignocellulosic wastes have indicated that the thermophilic conditions might result in the higher biogas production, but in many cases the process instability could be observed due to VFA accumulation and inhibitory effect of phenolic compounds.

This study examined the effect of temperature on the anaerobic co-digestion of dried BSG and SS. Two experiments were performed in a batch mode, each of these in a different temperature. In the first one, the mesophilic conditions (37±1°C) were maintained. The reactor R 1.1 (the control)

was fed with 0.4 L of SS, the reactor R 1.2 was supplied by mixture of the SS (0.4 L) and 5 g of dried BSG as an additional substrate. The second experiment was conducted assuming the analogous schedule; however, the temperature was increased to thermophilic conditions ($55\pm 1^\circ\text{C}$). The substrates doses were kept unchanged.

The influence of temperature on anaerobic co-digestion of SS and BSG was evaluated on the basis of both biogas potential and the biogas production rate. The obtained results indicated that co-digestion of BSG and SS under both mesophilic and thermophilic conditions resulted in an improvement in the biogas potential (BP_{21}) and biogas production rate (GPR), as compared to SS mono-digestion. Considering the first parameter, the enhancements of 19 and 26.3% under meso- and thermophilic temperatures were found, respectively. The higher potential was observed at an increased temperature ($55\pm 1^\circ\text{C}$). The related average values were 0.453 and $0.572 \text{ Ndm}^3\text{g}^{-1}\text{VS}$ in R 2.1 and R 2.2, respectively. Under mesophilic conditions, it reached 0.405 (R 1.1) and 0.482 (R 1.2) $\text{Ndm}^3\text{g}^{-1}\text{VS}$. The observed differences were statistically significant. Meanwhile, as compared to the SS mono-digestion, the biogas production rate increased by 28.2 and 29.3% under meso- and thermophilic conditions, respectively. Similarly, the improved rate was achieved at higher temperature, however the differences were no of statistical significance. In this case, the average values were 0.75 and $0.97 \text{ Ndm}^3\text{dm}^{-3}\text{d}^{-1}$ in R 2.1 and R 2.2, respectively. Under mesophilic conditions, it amounted to 0.71 and $0.91 \text{ Ndm}^3\text{dm}^{-3}\text{d}^{-1}$ in control and co-digestion reactors, respectively. Interestingly, the higher methane content was observed under thermophilic conditions, however compared to SS mono-digestion the drop tendency was found. Conversely, in BSG presence the slight increase was achieved under mesophilic conditions. Concluding, more beneficial results for both biogas potential and biogas production rate were achieved under thermophilic conditions ($55\pm 1^\circ\text{C}$). Though, considering the implementation of this strategy to exploiting digesters, the energy balance should be evaluated.

Keywords: anaerobic co-digestion, mesophilic and thermophilic conditions, sewage sludge, brewery spend grain, biogas production, batch experiments

**IMPACT OF WASTEWATER MANAGEMENT ON METAL POLLUTION OF BOTTOM
SEDIMENTS IN THE ŚWINNA POREBA RESERVOIR CATCHMENT**

E. Szalińska*, K. d'Obryn

AGH University of Science and Technology, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental
Protection, Cracow, Poland;

* corresponding author: eszalinska@agh.edu.pl

Bottom sediments of the newly created Świnna Poreba Reservoir (Southern Poland) tributaries were investigated to assess heavy metal contamination and track its sources. Sediment samples were collected during three field campaigns in 2017, from 7 water courses discharging directly to the reservoir and from the Skawa River downstream from the dam. Samples were collected by hand from the sediment surface layer, wet sieved (0.063 mm), dried, and subjected to laboratory analyses. Total Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn concentrations were determined with use of the AAS technique following extraction with 65% H₂NO₃. To assess metal potential mobility and mobility samples were subjected to the BCR four-step sequential extraction procedure, and subsequently analyzed with ICP-MS and ICP-OES techniques. Also, the stability index and the environmental risk assessment (RAC) were used to estimate metals mobility.

The obtained results enabled spatial and temporal description of the metal contamination in the reservoir direct catchment during the tested period. The Śleszówka stream sediments were the most contaminated, with elevated concentrations (exceeding geological background) detected during the fall and winter periods. Lower metal concentration detected downstream from the dam downstream confirm that contaminants will accumulate in the reservoir during its future use. As for the investigated metals Cd, and Mn exhibited the highest values. Since Cd and Mn were bound mostly to the exchangeable fraction there are potentially very mobile and there is a risk for the aquatic environment.

Since the right reservoir tributaries (Palczka, Stryżówka, Dąbrówka) were characterized by higher concentrations of Cd than the other streams, this contamination can be attributed to the lower percentage of population connected to the sewage system in this part of the catchment. Other metals are being discharged from the local sources localized along watercourses, e.g. roads and arable fields, but also industrial and service facilities also not connected to the sewage system.

**OPTYMALIZACJA DOBORU METODY MINING DO SYMULACJI PUCHNIĘCIA
OSADU CZYNNEGO: MODELE KLASYFIKACYJNE**

B. Szela¹, J. Drewnowski²

¹Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska,
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7 Kielce, Polska.

²Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska,
ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska.

email: jdrewnow@pg.edu.pl

Jednym z kluczowych parametrów mających wpływ na efektywność pracy reaktora biologicznego jest sedymentacja osadu czynnego. Do jej oceny na oczyszczalniach ścieków stosuje się objętościowy indeks osadu (I_o). W przypadku oczyszczalni ze zintegrowanym usuwaniem związków węgla, azotu i fosforu zaleca się, aby wartość objętościowego indeksu osadu nie przekraczała $150 \text{ cm}^3/\text{g}$. W przypadku jej przekroczenia mogą wystąpić problemy z odwadnianiem osadów i pogorszenie jakości ścieków na wylocie. Tym samym, aby utrzymać w optymalnym zakresie wartość objętościowego indeksu osadu zachodzi potrzeba budowy modelu matematycznego, który umożliwi jego dynamiczną kontrolę poprzez odpowiedni dobór nastaw. Model matematyczny z jednej strony powinien z wysoką dokładnością odwzorowywać przebieg zjawiska, a z drugiej strony wskazane, aby był nieskomplikowany w implementacji, a po trzecie ujęta w nim ilość zmiennych objaśniających powinna być jak najmniejsza. Powyższe czynniki decydują o możliwości wykorzystania modelu w warunkach eksploatacji. Większość z wymienionych wyżej wymagań spełniają modele klasyfikacyjne przy czym obecnie brak jest wyników obliczeń, które by pozwalały dobrać odpowiednią metodę w zależności od danych wejściowych do modelu.

W ramach prowadzonych analiz zaprezentowano koncepcję systemu eksperckiego umożliwiającego dobór metody data mining (regresja logistyczna – RL, sieci neuronowe perceptron wielowarstwowy – MLP, lasy losowe – RF, drzewa wzmacniane – BT, wektory nośne – SVM) do symulacji puchnięcia osadu czynnego uwzględniając pomiary ilości, jakości ścieków, parametrów operacyjnych bioreaktora, koszty wykonania oznaczeń i możliwość zastosowania opracowanego modelu do sterowania, kontroli procesu oczyszczania ścieków. Do analizy kosztów pomiarów jakości ścieków i parametrów bioreaktora zaproponowano autorski system wag. W prowadzonych analizach do symulacji puchnięcia przyjęto z uwagi na zróżnicowanie struktury budowanego modelu, jego złożoność jak i możliwość interpretacji otrzymanych zależności między zmienną zależną (objętościowy indeks osadu) a zmiennymi niezależnymi. Z uwagi na znaczną ilość zmiennych objaśniających badane zjawisko w niniejszej pracy do identyfikacji zmiennych

niezależnych zastosowano metodę Fischera – Snedecora. Na bazie danych wejściowych uzyskanych tym sposobem budowano modele do prognozy sedymentacji osadu czynnego na podstawie różnych kombinacji zmiennych niezależnych. W analizach przyjęto dwie klasy opisujące wyjście z modelu tj. ma miejsce puchnięcie osadu i nie występuje. Do oceny dopasowania modeli wykorzystano wartości SENS (określa poprawność klasyfikacji danych w zbiorze obejmujących zdarzenia gdy wystąpiło puchnięcie osadu), SPEC (określa poprawność klasyfikacji danych w zbiorze stanowiących przypadki gdy nie wystąpiło puchnięcie osadu) i R_z^2 (określa poprawność identyfikacji symulacji). Do tworzenia modeli wykorzystano 3 letnie dane pochodzące z oczyszczalni Sitkówka – Nowiny, której nominalna przepustowość wynosi 42000 m³/d a obciążenie ładunkiem jest równoważne 290 000 równoważnych mieszkańców. Na przedmiotowej oczyszczalni oczyszczanie ścieków odbywa się w układzie 3 – stopniowym, a reaktor biologiczny funkcjonuje w zmodyfikowanym systemie BARDENPHO.

Wykonane symulacje wykazały, że na rozpatrywanym obiekcie zjawisko sedymentacji determinuje temperatura w komorach osadu czynnego (T), ilość dawkowanego PIX (m_{PIX}), stężenie tlenu (DO), stężenie osadu czynnego (MLSS), biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BOD), azot ogólny (TN), fosfor ogólny (TP). Na podstawie analiz można stwierdzić, że puchnięcie osadu czynnego na analizowanym obiekcie można identyfikować na bazie jakości ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków (BOD, TN, TP) stosując do obliczeń model zbudowany na bazie metody drzew wzmocnianych (BT). Stosując pozostałe metody uzyskane wyniki nie są zadowalające i tym samym nie pozwalają na identyfikację puchnięcia osadu. Biorąc pod uwagę parametry operacyjne bioreaktora, stwierdzono, że symulacja sedymentacji osadu czynnego jest możliwa już na bazie temperatury w bioreaktorze stosując model ustalony na podstawie metody drzew wzmocnianych i lasów losowych. Istotny wpływ na poprawę dokładności wyników obliczeń uzyskano uwzględniając w modelu odpowiednio stężenie osadu czynnego jak i stężenie tlenu. W tym przypadku identyfikacja puchnięcia osadu czynnego jest możliwa modelem zbudowanym na bazie metody regresji logistycznej stanowiącej prostą jawną empiryczną zależność, w której na bazie ustalonych współczynników można określić wpływ badanej zmiennej niezależnej na badane zjawisko. Gdy w modelu (RL, MLP, SVM, BT, RF) ujmowane są zarówno wartości wskaźników jakości ścieków, parametry operacyjne bioreaktora wartości miar dopasowania (SENS, SPEC, R_z^2) przyjmują największe wartości spośród rozważanych kombinacji zmiennych niezależnych. Mając na uwadze otrzymane wyniki symulacji dla każdej kombinacji zmiennych przypisano wartości wag, co pozwoliło na wyznaczenie macierzy przypadków pozwalającej na dobór metody obliczeniowej w taki sposób, aby zredukować ilość, koszty wykonywania oznaczeń (wskaźniki jakości, parametry operacyjne bioreaktora) i z jednej strony wykorzystać opracowany model do kontroli procesu sedymentacji osadu czynnego.

**MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII ROTACYJNEGO ZŁOŻA
BIOLOGICZNEGO O DWUKIERUNKOWYM WZDŁUŻNYM PRZEPIĘWIE
W PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW**

J. Szulzyk-Cieplak¹, G. Łagód², J. Zaburko¹

¹Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, Polska,
e-mail: j.szulzyk-cieplak@pollub.pl

²Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Polska

Podstawowym problemem inwestycji w zakresie gospodarki wodno-ściekowej na obszarach o zabudowie rozproszonej jest konieczność budowania i eksploatacji wielu małych oczyszczalni ścieków bądź też długich kolektorów tranzytowych do oczyszczalni zbiorczej. Z uwagi na względnie małą liczbę obsługiwanych przez nie mieszkańców wymienione rozwiązania są nieefektywne ekonomicznie. Racjonalnym jest więc stosowanie indywidualnych systemów oczyszczania ścieków w postaci oczyszczalni przydomowych.

Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań przydomowych oczyszczalni ścieków różniących się zastosowaną technologią. Mając na uwadze nierównomierność strumieni i ładunków zanieczyszczeń w dopływie dobrą odpornością odznaczają się oczyszczalnie z drenażem rozsączającym, z filtrem piaskowym, gruntowo-roślinne i złoża biologiczne. Spośród wymienionych najtańsze rozwiązanie stanowi system z drenażem rozsączającym. Jednak z uwagi na możliwość zatkania drenażu czy wysycenia pojemności sorpcyjnej gruntu, zastosowanie tej technologii niesie ryzyko skażenia dla lokalnego środowiska glebowego i wodnego. Dodatkowo oczyszczalnie przydomowe z drenażem wymagają znacznej powierzchni pod zabudowę na tle innych wymienionych rozwiązań. Dużej powierzchni wymagają również oczyszczalnie z filtrem piaskowym oraz gruntowo-roślinne. W przypadku niewielkich działek najlepszym wyborem jest oczyszczalnia ze złożem biologicznym bądź osadem czynnym. Jednak złoża cechują się zwykle niższą skutecznością oczyszczania zaś oczyszczalnie z osadem wymagają skomplikowanych systemów sterowania oraz częstej kontroli. Z uwagi na wrażliwość na zmiany właściwości ścieków osad czynny nie znajduje szerszego zastosowania dla oczyszczalni o sezonowym lub nierównomiernym dopływie.

Wzrastające zapotrzebowanie na technologie POŚ oraz duża konkurencja na rynku mobilizuje firmy do wdrażania nowych rozwiązań. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom zaproponowano zastosowanie na potrzeby bioreaktora w przydomowej oczyszczalni ścieków rotacyjnego złoża

biologicznego o dwukierunkowym wzdłużnym przepływie. Rotor – element obrotowy złoża – zapewnia napowietrzenie ścieków niezbędne do procesu biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń, jak również służy jako ruchome, zanurzone złoże biologiczne. Konstrukcję rotora stanowi układ kanałów odpowiednio ułożonych wokół osi jego obrotu i pozwalających na dwukierunkowy przepływ ścieków. Wspomniane kanały pełnią wielorakie zadanie – stanowią powierzchnię dla rozwoju błony biologicznej, umożliwiają przepływ ścieków, jak również zapewniają im odpowiednie napowietrzanie.

Zaproponowane rozwiązanie konstrukcyjne cechuje się między innymi tym, że:

- zapewnienia recyrkulację ścieków w obrębie bioreaktora,
- posiada nieskomplikowaną konstrukcję elementów reaktora,
- wymaga niskiego zapotrzebowania na moc układu napędowego z uwagi, iż zanurzone złoże pływa w ściekach,
- daje możliwości swobodnego umieszczania na działce dzięki małym gabarytom,
- wykazuje wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków, porównywalną z efektywnością reaktorów z osadem czynnym i recyrkulacją,
- ma małą wrażliwość na zmiany wielkości strumienia ścieków i ładunku zanieczyszczeń, co pozwala na zainstalowanie przy obiektach o nierównomiernym lub sezonowym odbiorze ścieków, takich jak hotele, pensjonaty, czy gospodarstwa agroturystyczne,
- pozwala na skalowalności urządzenia – w zależności od potrzeby można reaktory łączyć szeregowo bądź równolegle,
- posiada zabezpieczenia przed zablokowaniem układu recyrkulującego,

Przeprowadzona analiza rynku producentów przydomowych oczyszczalni ścieków wskazuje, że zaproponowane rozwiązanie technologiczne bioreaktora pracującego z wykorzystaniem zanurzonego złoża obrotowego z recyrkulacją ścieków stanowi nowatorskie rozwiązanie w tej dziedzinie.

MODELING OF THE OXYGEN REGIME IN BIOREACTORS AT THE TREATMENT OF THE WASTEWATERS FROM ORGANIC CONTAMINANTS

S. Telyma

Institute of Hydromechanics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

In biological wastewater treatment reactors in particular in aerotanks the removal of organic contaminants (OC) occurs in aerobic conditions that is when oxygen is consumed for biooxidation of OC and self-oxidation of cell biomass and also used in other processes that may occur at this time . Therefore the modeling and development of the aeration system consist in providing such an oxygen regime in the reactor in which the rate of the biological treatment process should not be limited by the amount of oxygen contained in the reactor.

In this paper the peculiarities that occur in the modeling of the oxygen regime at the aerobic biological treatment of the wastewaters in aerotanks with suspended and fixed biocenoses are considered.

The aim of the work is to develop the mathematical model for evaluation and analyze of the oxygen regime in aerotanks-mixers and aerotank-displacers under given conditions on the base of corresponding equations of the material balance recorded relative to the concentration of oxygen C.

To achieve the goal the following prerequisites were taken into account:

- the limiting cases of aerotanks work in the system of biological wastewaters treatment were considered;
- at evaluation of the removal of the OC the linear kinetics of reactions of the first and the zero orders were used

The proposed model is:

for aerotank – mixer

$$W_p \frac{\partial C_a}{\partial t} = Q_a (C_0 - C_a) + W_p \alpha K_C a (\beta C_p - C_a) - F_{\delta_l} N_c - R_{a_c} W_p, \quad (1)$$

and for the aerotank – displacer

$$\varepsilon \frac{\partial C_a}{\partial t} = D_c \frac{\partial^2 C_a}{\partial x^2} - v \frac{\partial C_a}{\partial x} + \varepsilon \alpha K_C a (\beta C_p - C_a) - \frac{F_{\delta_l}}{W_p} N_c - R_{a_c}, \quad (2)$$

In practical calculations it is enough to consider equations (1) – (2) in stationary conditions and to evaluate their members taking into account the known diffusion criterion of Peckle.

In the above equations in the general case the value of the flow of oxygen entering into the biofilm through its surface is determined by the equation:

$$N_c = -D_c \frac{dC}{dz} = (1-\eta)K_C(C_a - C|_{z=0}) + \eta\alpha K_{C_n}(\beta C_p - C|_{z=0}), \quad (3)$$

where η – the ratio of the surface area of the biofilm when in contact with air bubbles to the total surface area of the biofilm.

In other words the equation (3) takes into account the possible additional flow of oxygen into a biofilm both from the volume of liquid in the form of dissolved oxygen and as a result of the so-called inter-surface transfer (IST) directly from the bubbles adhered to the biofilm. In this case when implementing models it is necessary to put on $\eta = 0$ and take into account only the flow of dissolved oxygen from the volume of liquid to the biofilm due to diffusion:

$$N_c = -D_c \frac{dC}{dz} = K_C(C_a - C|_{z=0}). \quad (4)$$

In the above equations C , N_c , C_a , C_0 – respectively the concentration of oxygen in the biofilm, on the surface of the biofilm, in the aerotank and in the wastewaters at the entrance to the aerotank; C_p – concentration of saturation (soluble) oxygen in the liquid; R_{a_c} – the rate of reactions of using oxygen in a biofilm and aerotanks taking into account the oxidation velocity of the isolated substances during the death of microorganisms; W_p – the volume of the liquid in the aerotank; $F_{\delta l}$ – the surface area of the oxygen in the biofilm; $K_C a$, K_{c_n} , K_C – respectively the volumetric mass transfer coefficient, the coefficient between the surface transfer of oxygen in biofilm and mass transfer coefficient of oxygen in liquid film; Q_a – the volume of the wastewaters entering to aerotank; D_c – dispersion coefficient; α , β , ε – experimental parameters; x , y , z – space coordinates; t – time.

The application of the proposed models allows with known geometric and other characteristics of treatment system to evaluate the influence of oxygen regime on the processes of treatment in aerotanks in different conditions of their operation and to substantiate an economical and efficient technological system of oxygen supply taking into account the features of extraction of OC in aerotanks with suspended and fixed biocenose. In this case it is possible to substantiate the criterias in which the biochemical oxidation process will be adequately supplied with oxygen that is will not limit the biooxidation kinetics both suspended and fixed biocenose.

ZASTOSOWANIE ŻELAZIANU(VI) POTASU (K_2FeO_4) DO USUWANIA ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH ORAZ DEZYNFEKCJI ŚCIEKÓW POCHODZĄCYCH Z MYJNI SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH

M. Thomas¹, K. Barbusiński², B. Białecka³,

¹Chemiqua, Kraków, Polska, e-mail: biuro@chemiqua.pl,

²Krzysztof Barbusiński, Politechnika Śląska w Gliwicach, Gliwice, Polska,

³Barbara Białecka, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Katowice, Polska

W artykule przedstawiono możliwość zastosowania żelazianu(VI) potasu (K_2FeO_4) do oczyszczania ścieków pochodzących z myjni samochodów ciężarowych ($pH=7.1$, $COD=0,89$ g O_2/dm^3 , $TOC=0,28$ g/ dm^3) i charakteryzujących się intensywnym gnilnym zapachem, związanym z obecnością bakterii proteolitycznych ($2,4 \times 10^3$ j.t.k./ cm^3). Zastosowanie K_2FeO_4 w najkorzystniejszych warunkach ($pH=5,8$, $K_2FeO_4=0,97$ g/ dm^3 , czas=23 min.), umożliwiło zmniejszenie wartości COD (79,8%), liczby bakterii gnilnych (92.1%) oraz istotne zmniejszenie intensywności zapachu ścieków.

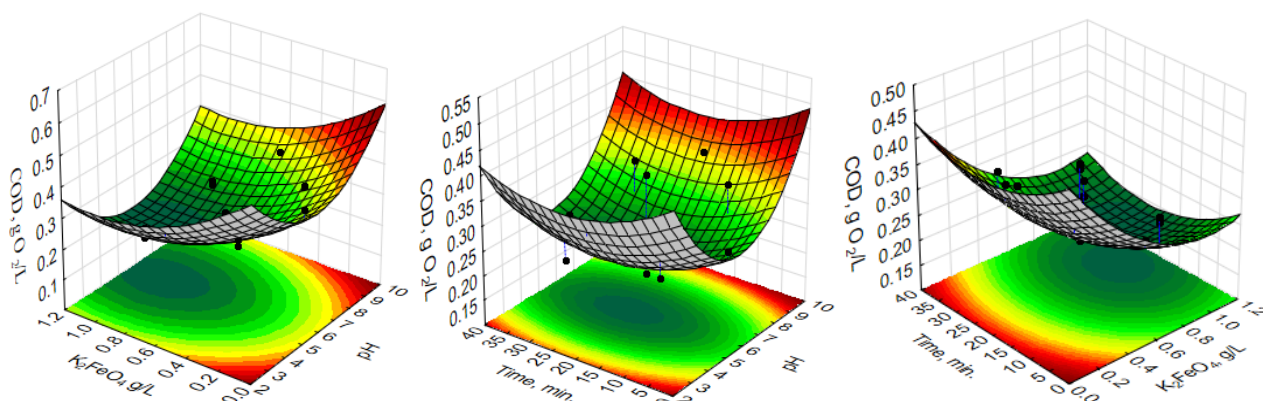
Słowa kluczowe: żelazian(VI) potasu, oczyszczanie ścieków, dezynfekcja ścieków.

Wprowadzenie. Wskutek wykorzystania wody w myjniach samochodowych, powstają ścieki i w związku z tym, powinny one być oczyszczona przed wprowadzeniem ich do urządzeń kanalizacyjnych lub środowiska naturalnego. Ścieki te, mogą zawierać nie tylko środki powierzchniowo-czynne stosowane w procesie mycia, ale również substancje ropopochodne, smary, oleje, pozostałości metali, części organicznych, sole i in. Substancje te, szczególnie obecne w większych stężeniach są trudno biodegradowalne lub toksyczne i dlatego ścieki wymagają podczyszczenia przed ich wprowadzeniem do kanalizacji, środowiska naturalnego lub ponownym wykorzystaniem odzyskanej z nich wody [1]. Aby to osiągnąć, stosuje się reagenty chemiczne i złożone procesy technologiczne; w niektórych przypadkach możliwe jest odzyskanie ok. 70% wody zużytej do mycia przy zapewnieniu odpowiednich wartości parametrów takich jak zawiesina i zapach oraz ryzyka zdrowotnego (patogeny) i chemicznego (korozja, osadzanie się osadów) [2].

Material i metody. Ścieki pochodzące z myjni automatycznej pobierano w ciągu 7 dni, jako próby średniodobowe, proporcjonalne do czasu. Wykonano oznaczenia podstawowych parametrów fizykochemicznych badanych ścieków (m.in.: pH, COD, TOC, zapach w temp. 20°C (z – na zimno, intensywność 0-5, rodzaj R, G lub S – roślinny, gnilny, specyficzny) oraz mikrobiologicznych (m.in. liczba bakterii proteolitycznych). Do oczyszczania ścieków zastosowano K_2FeO_4 . Planowanie i analizę eksperymentów przeprowadzono przy użyciu planu centralnego kompozycyjny (CCD) i metody powierzchni odpowiedzi (RSM) dla trzech parametrów

niezależnych tj.: pH, dawki K_2FeO_4 i czasu. Badania prowadzono w koagulatorach wielostanowiskowych; próby poddawano flokulacji i sedymentacji (15 min.). W najkorzystniejszych warunkach (pH, dawka K_2FeO_4 , czas) oznaczono wybrane parametry fizykochemiczne i mikrobiologiczne dla ścieków oczyszczonych.

Wyniki. Badane ścieki charakteryzowały się $pH=7,1$, $COD=0,89$ mg O_2/dm^3 i $TOC=0,28$ g/ dm^3 . Ponadto, ścieki wykazywały intensywny zapach gnilny, którego intensywność określono na 5 (bardzo silny). Licza bakterii proteolitycznych wynosiła $2,4 \times 10^3$ j.t.k./ cm^3 . Przeprowadzone badania z zastosowaniem planowania i optymalizacji eksperymentów umożliwiły zidentyfikowanie najbardziej korzystnych wartości parametrów, przy których zmniejszenie wartości COD było największe. Badania statystyczne wykazały bardzo dobre dopasowanie wartości doświadczalnych do wartości aproksymowanych z modelu ($R^2=0,9496$, $R^2_{popr.}=0,9160$). Na Rys. 1 przedstawiono zmianę wartości COD ścieków, w zależności od pH, dawki K_2FeO_4 oraz czasu reakcji. Obliczono, że najmniejsze wartości COD ($0,18$ g O_2/dm^3) można uzyskać przy $pH=5,8$, dawce $K_2FeO_4=0,97$ g/ dm^3 w czasie 23 min. Wykonano eksperyment potwierdzający i uzyskano zgodność wartości estymowanej z wartością doświadczalną, a zmniejszenie wartości COD wynosiło 79,8%.



Rys. 1. Zmiana wartości COD w zależności od pH, stężenia K_2FeO_4 i czasu reakcji

W tych warunkach uzyskano także zmniejszenie liczby bakterii proteolitycznych (92,1%), a intensywność zapachu określono jako bardzo słaby, gnilny.

Wnioski. Zastosowanie K_2FeO_4 do oczyszczania ścieków pochodzących z myjni samochodów ciężarowych, umożliwiło m.in.: obniżenie wartości COD (79,8%) i istotne zmniejszenie intensywności zapachu (bardzo słaby, gnilny), co związane było ze zmniejszeniem liczby bakterii proteolitycznych (92,1%).

Literatura

- [1] K. Podbiera-Matysik, K. Gorazda, Z. Wzorek. Efektywność oczyszczania ścieków pochodzących z myjni samochodowej. *Technical Transactions*. 2012, 26, 109, 235-252.
- [2] R.N. Zaneti, R. Etchepare, J. Rubido. Car wash wastewater treatment and water reuse – a case study. *Water Science Technology*. 2013, 67, 1, 82-88.

**ASSESSMENT OF SOLOTVYNO AGGLOMERATION MINES
FLOODING IMPACT ON WATER RESOURCES WITH GIS**

O. M. Trofymchuk¹, Ye. S. Anpilova¹, Ye. O. Yakovlev¹, D. L. Kreta¹ S. B. Shekhunova²

¹Institute of Telecommunications and Global Information Space NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Institute of Geological Science NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Solotvyno mine of rock salt is located in Tyachivsky district of the Transcarpathian region, which is a section of the right-bank water catchments of the transboundary Tisza River. During the active exploitation of the Solotvyno deposit within the salt stock, up to 9 mines were built and decommissioned due to flooding mainly as result of imperfect mining technology. The mine fields of the deposit are located within the first floodplain terraces, which contribute to the development of aquifers and the manifestation of flood processes that makes the structural-geological, mining and environmental – geological conditions of excavation, development and decommissioning of mines more complicated.

The River Tisza and its hydrologically connected local watercourses (Izvor, Glod, Mlyn flows) create a leading drainage system for surface and underground water flows which has considerably slowed down in the last decades within the zones of the influence of karst-failing reservoirs and areas of deposition of the surface over mine workings of flooded mines.

In general, a sharp increase in the inflow of fresh groundwater and the associated intensive development of man-made karst caused the formation of destructive subsidence deformations of the surface and the rocks of the foundations of residential and industrial buildings, roads, water supply and sewerage networks of the Solotvyno settlement.

The authors have investigated the subsidence deformation field, and its influence on changing the environmental status of the Tisza River basin through which the transit flow passes, respectively, and the consequences of changing the chemical composition of the basin will have a transboundary nature.

Using the technology of space monitoring (interferometry), field magnetic-electric survey and GIS modelling, the authors have investigated and analysed the spatial-temporal structure and the balance of surface subsidence (Fig.1). The obtained calculations show the dynamics of the increase of the karst surface deformations, which occurs in the mode of plane-radial development of elastic-plastic and plastic-fluid deformations of the central part of the salt stock, which is connected with the greatest karst collapses in the area of hydro-geodeformation of the mine No. 7.

According to the simulation results, a logical dependence is obtained. It has a linear character and shows the logical relationship between the vertical (subsidence) and the horizontal (area of the subsidence interval) deformations of the surface of the mine field (Fig. 2), which allows improving the spatial and temporal forecast of its development.

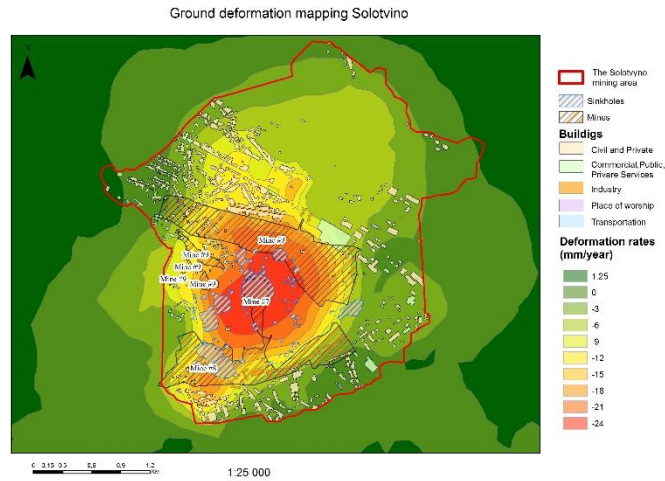


Fig.1. Map of the development deformation of the Soltvyno agglomeration mine fields surface.

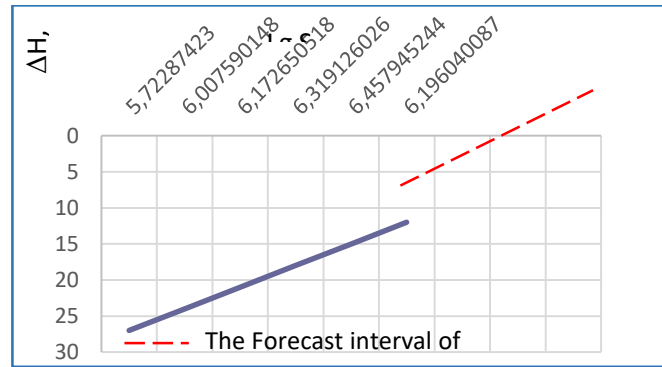


Fig. 2. Plane-radial development of karst deformation of surface of the of mine №7 influence zone

The ΔH is vertical subsidence of surface, mm/year; the S is square of element with equal elementary subsidence, m^2 .

Established function (regularity) $\Delta H=f(Lg S)$ gives the ability to essentially increase the reliability of the former forecast of surface subsidence distance. As can be seen from the established function (Fig. 2) the additional increasing of the subsidence distance consists of about 350-500 m. This principally new deformation is the serious signal about long term spatial dangerous for Soltvyno agglomeration and Tisza River basin.

Besides, it has been established that the development of plasticization and deformation of the field of mine № 9, can lead to the formation of a mega landslide body on the slope complex of Magura Mountain. In addition, the practical absence of systematic monitoring of the proliferation of karst failure processes, subsidence of surface fragments and the movement of mineralized groundwater in the Tisza River Valley poses a serious threat to the potential negative consequences for the population, critical infrastructure and the environment on the transboundary level.

ROZPYLANIE CIECZY W PROCESIE ODŻELAZIANIA WODY

S. Włodarczak, M. Ochowiak, M. Markowska, A. Krupińska

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska

e-mail: sylwia.wlodarczak@put.poznan.pl

Rozpylanie cieczy polega na zastosowaniu energii zewnętrznej pozwalającej pokonać siły napięcia powierzchniowego, tak by struga cieczy przekształcona została w małe krople. Stanowi ona ważny i interesujący proces wykorzystywany na szeroką skalę w wielu gałęziach przemysłu, m.in. w takich dziedzinach gospodarki jak: agrotechnika, energetyka, przemysł maszynowy, inżynieria chemiczna czy ochrona środowiska [1]. Znajduje zastosowanie także w oczyszczaniu wody, podczas etapu zwanego odżelazianiem [2]. Problem odżelaziania wody występuje od bardzo dawna i zwykle dotyczy wód podziemnych oraz infiltracyjnych. Zgodnie z obowiązującymi normami zawartość żelaza w wodzie pitnej nie powinna przekraczać 0,2 mg/L. Gdy nie są spełnione te kryteria obserwuje się szereg problemów: woda zmienia swoją barwę, mętnieje, charakteryzuje się nieprzyjemnym zapachem, a po spożyciu może powodować problemy zdrowotne. Zwiększona zawartość żelaza sprzyja również przyspieszonemu rozwojowi bakterii, a tym samym zarastaniu rur wodociągowych. Podczas procesu odżelaziania wykorzystywane są zjawiska koagulacji, sedymentacji i filtracji. W przypadku, gdy konieczne jest utlenianie jonów żelaza dwuwartościowego zaleca się wstępne napowietrzenie wody lub zastosowanie chemicznego utleniacza [2,3]. Najprostszy sposób odżelaziania można zilustrować schematem przedstawionym na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat procesu odżelaziania

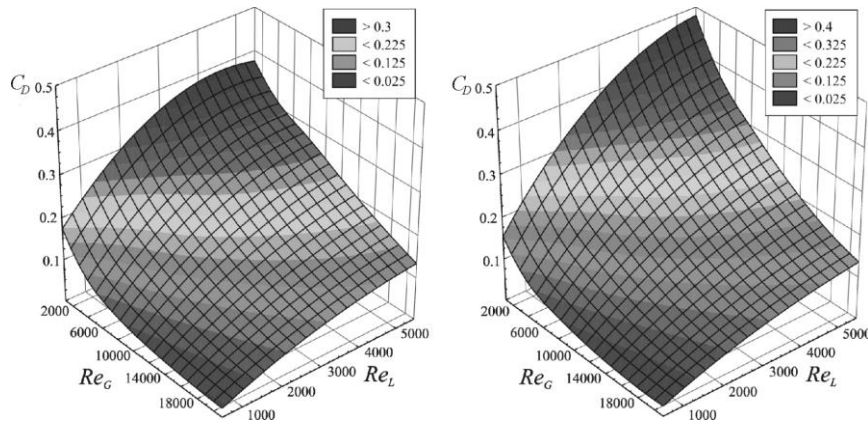
Celem pracy było opracowanie konstrukcji rozpylacza, który mógłby zostać zastosowany do napowietrzania wody podczas procesu odżelaziania. Zaproponowano rozpylacz dwufazowy o komorze wirowej w kształcie stożka, do której doprowadzone są stycznie króćce wlotowe dla powietrza i wody. Badane rozpylacze różniły się średnicą oraz wysokością komory wirowej. Odpowiedni stosunek charakterystycznych wymiarów rozpylacza (wysokości komory wirowej do jej średnicy (H_S/D_S)) rzutuje na jakość otrzymywanego aerozolu. W analizowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych stosunek H_S/D_S wynosił od 0,5 do 4. Ważnym parametrem wydajnościowym wyrażającym opory przepływu cieczy jest współczynnik wypływu. Współczynnik wypływu opisany jest wzorem:

$$C_D = \frac{\dot{V}}{A_0 w} \quad (1)$$

gdzie: \dot{V} jest objętościowym natężeniem przepływu cieczy, A_0 – polem przekroju otworu wylotowego, w – średnią prędkością cieczy w otworze wylotowym. Jest on często korelowany jest z bezwymiarową liczbą Reynoldsa:

$$Re = \frac{wd_0\rho}{\eta} \quad (1)$$

gdzie: ρ jest gęstością płynu, a η – jego lepkością. Badania prowadzono w zakresie $Re_L \in (1400;35500)$ oraz $Re_G \in (2800;23500)$.



Rysunek 2. Przykładowa zależność oporów przepływu wyrażonych jako wartość współczynnika wypływu w funkcji liczby Re dla gazu i cieczy: a) $H_s/D_s = 1$, b) $H_s/D_s = 0,5$

Wykazano, że wartość współczynnika wypływu maleje wraz ze wzrostem liczby Reynoldsa gazu i wzrasta wraz ze zwiększeniem liczby Reynoldsa cieczy. Analizując wpływ geometrii rozpylacza na opory przepływu zauważono, że dla rozpylaczy o wyższym stosunku H_s/D_s otrzymywano niższe wartości współczynnika wypływu, co obrazuje rysunek 2. W przepływie turbulentnym, przy tych samych Re_G i Re_L dla rozpylacza o stosunku $H_s/D_s = 0,5$ wartość C_D wynosiła 0,38, natomiast dla rozpylacza o stosunku $H_s/D_s = 1$, $C_D = 0,48$. Zaproponowane konstrukcje mogą być skutecznie stosowane do napowietrzania wody w procesie odżelaziania wody. Niższy stosunek H_s/D_s pozwala uzyskać mniejsze opory przepływu, co jest korzystne z punktu widzenia procesu rozpylania.

Podziękowanie

Praca została sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (03/32/SBAD/0902).

Literatura

- [1] Orzechowski Z., Prywer J., (2008). *Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy*, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa.
- [2] Kowal A.L., Świdorska – Bróż M., (1997). *Oczyszczanie wody*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław.
- [3] Khadse G.K., Patni P.M., Labhasetwar P.K., (2015). Removal of iron and manganese from drinking water supply, *Sustain. Water Resour. Manag.* 1:157–165.

BACTERIOLOGICAL HEALTH THREATS TO WATER IN HOME WELLS

^{1,2}Ewa Wysowska, ¹Kazimierz Kudlik, ²Alicja Kicińska

¹„Sądeckie Wodociągi” Spółka z o.o. – Nowy Sącz, Polska

²AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica – Kraków, Polska

e-mail korespondencyjny: ewa.wysowska@swns.pl

Technological and settlement development generates environmental hazards in addition to economic benefits, which translates into an increase in environmental health risk. Bacterial infections resulting from the consumption of water of poor quality are still an important threat to human health and even life. This situation applies not only to third world countries but also to communities living in rural areas of EU countries. Despite the successive equalization of access to the water supply network, still a significant percentage of the population uses individual water intakes, the state of which is characterized by high variability of physical, chemical and microbiological parameters. The water captured by individual wells (household) in most cases is not covered by any form of legal control, starting from the monitoring of the quality of acquired waters, on the processes of their regular cleaning up ending. The article presents the results of research on water obtained from household wells ($n = 400$) carried out in 2015-2018 for selected poorly urbanized areas in the assessment of bacteriological parameters. The performed tests have shown significant sanitary pollution of waters used for human consumption. On their basis, it was stated: (1) a significant health risk of *coli group bacteria* and *Escherichia coli*, and (2) the need to undertake broad actions aimed at raising the ecological and health awareness of rural residents regarding the quality of water used for consumption.

Key words: dug wells, water quality, bacteriological pollution, health protection

**INFLUENCE OF DEEP TREATED EFFLUENT ON THE ACTIVITY
OF NITRIFICATION IN NATURAL WATER**

V. Yurchenko, M. Radionov, P. Ivanin, O. Melnikova

Kharkiv national university of civil engineering and architecture

Ukraine scientific research institute of ecological problems

Nitrification it is two unique reactions of nitrogen cycle in the biosphere which are executed by ammonia oxidation bacteria (1st stage nitrifiers), they oxidize ammonia to nitrite, and nitrite oxidizing bacteria (2nd stage nitrifiers) which oxidize nitrites to nitrates. Activity of nitrification leads to process of self-purification of natural water basins from ammonia and organic nitrogen. Biological nitrification as a large-scale biotechnology is used in a water treatment on the final stages. Deep treated waste water discharge is a potential source of nutrients including nitrate containing and also microorganisms (including nitrifiers) for the river waters. Moreover, as processes of waste water treatment during the last decades were greatly improved, so in reverse waters among the nitrogen-containing compounds prevail nitrates while concentrations of ammonium and nitrite nitrogen are minimal. Species and activity of microorganisms (nitrifiers) which are in waste waters from the biological waste water treatment plants can be differ from those which are found in the river upstream from the place of waste water discharge and can change the ecological functioning of the river. As follows, waste waters which are discharged from the biological treatment plants can change nitrification kinetics and nitrites dynamics within water system.

The aim of this work is to estimate the impact level of deep treated waste water (Kharkov city) on the nitrification activity in riv. Udy.

The object of experimental research: the water and bottom sediments from riv. Udy in the discharging area of treated waste waters (500 meters before and 500 meters after the discharge); waste water and active sludge from the aeration tanks of municipal waste water treatment plant which discharging treated waste waters into the riv. Udy. Determination of chemical and biological constants of nitrification in the natural water basin was done on the basis of experimental data. Kinetic constants of ammonification and the 1st and 2nd stages of nitrification were determined via the developed in C++ language mathematical computer program using framework Qt. Biokinetic constants (Michaelis constant – K_s , and maximum biochemical reaction rate – V_{max}) were determined via the linearization of experimental data according to Walker-Schmidt method. Nitrification capability of active sludge and bottom sediments was analyzed by the biochemical method via the activity of hydroxylamineoxidoreductase. Hydrochemical determination of water

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

(pH, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, N_{org} concentrations) was conducted via the standard methodology according to regulations of Ukraine. Statistical data processing was conducted via the Microsoft Excel computer program.

On the basis of analyzing the multi-year data of regular control was determined the evidence of nitrate containing substances in riv. Udy in the area of treated waste waters discharge. It was shown that after the discharge of effluent concentration of N-NH₄ and pH in the water decreasing while concentrations of nitrites and nitrates are getting higher what means that the activity of nitrification in riv. Udy rises. This conclusion has confirmed by determination of chemical and biochemical constants. As can be seen from the table, nitrification 1st and 2nd stages constants in riv. Udy within downstream area are higher than these indicators upstream. The 1st stage of nitrification rate almost three times higher than this indicator in the water upstream. Comparison of Km in these areas shows higher level of microflora affinity to nitrification of N-NH₄ in the riv. Udy downstream. The probable cause of such changes of nitrification in riv. Udy after the discharge of treated waste waters is an emission of nitrification microflora from the waste water treatment plant. Such a phenomenon had been noticed by other researches.

Table 1

Experimental bio kinetic indicators in riv. Udy

Water basin	Nitrification chemical constants		Biokinetic constants	
	1 st Stage	2 nd Stage	Km, mg/dm ³	V, mg/(dm ³ ·day)
Riv. Udy 500 m. upstream	0,95	1,3	1,7	0,48
Riv. Udy 500 m. downstream	1	1,4	0,17	1,25

Nitrification bacteria concentration in the active sludge from waste water treatment plant has reached the value of 10⁶-10⁸ cells per gram. Taking in account concentration of suspended matter in waste waters during discharging (≤ 15 mg/dm³) and volume of discharge (180 thousand m³/day). Daily emission of nitrification bacteria from the waste water treatment plant into the riv. Udy could reach 2,7 (10¹⁵-10¹⁷ cells per day).

As follows, deep biologically treated waste waters (by nitrification) from the waste water treatment plant discharge make an essential influence on the nitrification processes in the natural water basins by the way of increasing their activity, thus an activity of self-purification of water basins from the organic and ammonia nitrogen with autochthonous and allochthonous origin.

**KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA ORAZ MODELOWANIE
DZIAŁANIA SEKWENCYJNEGO REAKTORA PORCJOWEGO Z OSADEM CZYNNYM**

Jacek Zaburko¹, Robert Pudło², Joanna Szulżyk-Cieplak¹, Grzegorz Łagód²

¹ Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, Polska,
email: jzaburko@gmail.com

² Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Polska

W projektowaniu bioreaktorów szerokie zastosowanie znajdują metody komputerowe wykorzystywane na wielu etapach tego procesu – poczynając od przygotowania założeń technologicznych poprzez tworzenie dokumentacji technicznej, aż po modelowanie zjawisk i symulacji procesów technologicznych. Programy komputerowego wspomaganie projektowania pozwalają również na wygenerowanie dokładnego modelu geometrycznego bioreaktora, co stanowi punkt wyjściowy i umożliwia przeprowadzenie dla określonych danych wejściowych oraz warunków brzegowych i początkowych symulacji komputerowej. Rozwój narzędzi z grupy komputerowego wspomaganie projektowania znacząco przyczynił się również do ułatwienia prac konstruktorskich związanych z doбором podzespołów i późniejszą budową urządzeń. Dzięki takim narzędziom konstruktorzy mają ułatwione zadania związane z wykonaniem urządzenia gdyż jeszcze na etapie wirtualnego modelu mogą sprawdzić dopasowanie i współdziałanie mechaniczne elementów oraz przygotować odpowiednie instrukcje montażowe. Prace takie są często zautomatyzowane poprzez zaimplementowanie w oprogramowaniu bibliotek pozwalających na szybki wybór komponentów do budowy urządzeń. Jednym z tego typu programów jest Inventor firmy Autodesk, w którym wykonać można trójwymiarowe modele części lub całe zespoły urządzeń, z możliwością późniejszego wygenerowania rysunków wykonawczych, złożeniowych lub poglądowych na podstawie utworzonego modelu 3D. Dzięki segmentowej architekturze oprogramowania, możliwe jest tworzenie projektów składających się z kilkudziesięciu komponentów. Konstruktor używając tego typu oprogramowanie w szczególności koncentruje się na tworzeniu kompletnego modelu 3D urządzenia, a po jego wykonaniu program wspomaga tworzenie płaskiej dokumentacji technicznej projektu. Dzięki tym ułatwieniom większość czasu przeznaczonego na wykonanie projektu konstruktor poświęca na działanie twórcze, koncepcyjne i sprawdzające a wszelkie zmiany dokonywane w modelu 3D zostają automatycznie przenoszone na techniczną dokumentację 2D. Oprogramowanie umożliwia także tworzenie prezentacji i uruchomienie symulacji dynamicznych, wizualnie objaśniających strukturę oraz zasadę działania

modelowanej maszyny. Program stanowi w takim ujęciu przydatne narzędzie do analizy kolizji i kontaktu komponentów, dzięki któremu można szybko wyeliminować błędy konstrukcyjne w postaci niezgodności wymiarów. Zaletą oprogramowania jest również wbudowane narzędzie do optymalizacji projektów sprawdzające wytrzymałość zaprojektowanego elementu za pomocą symulacji numerycznych. Umożliwia to moduł analizy wytrzymałościowej za pomocą metody elementów skończonych MES. Wspomniane narzędzie ma możliwość wykonywania obliczeń z zakresu statyki liniowej, analizy naprężeń i drgań pojedynczych części bryłowych jak również zjawisk dynamicznych i symulacji mechaniki płynów.

Oprogramowanie do komputerowego wspomaganie projektowania, umożliwia między innymi przeprowadzenie wielokrotnych i wielowątkowych symulacji oraz tworzenie wizualizacji procesów zachodzących w sekwencyjnych reaktorach porcjowych SBR (ang. Sequencing Batch Reactor) z osadem czynnym, gdzie wszystkie procesy (napełnianie, mieszanie, napowietrzanie, sedymentacja i dekantacja) odbywają się kolejno w jednym zbiorniku, a ich zasadniczym zadaniem jest usunięcie zanieczyszczeń. Głównym założeniem we wspomnianym przypadku jest wykorzystanie modelowania numerycznego do możliwie najdokładniejszego odzwierciedlenia rzeczywistych warunków hydraulicznych panujących w bioreaktorach. Cel ten można osiągnąć bazując na utworzonym modelu geometrycznym reaktora, przy zadaniu określonych danych wejściowych i warunkach brzegowych za pomocą odpowiednio dobranej metody obliczeniowej. W efekcie prac symulacyjnych może zostać przygotowany i wstępnie zweryfikowany zestaw rozwiązań konstrukcyjnych, skracający czas prowadzenia większej liczby doświadczeń w warunkach rzeczywistych, zaś otrzymane w ten sposób wyniki można zaprezentować w różnych formatach w zależności od potrzeb użytkownika.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL
TECHNOLOGIA ZŁOŻA RUCHOMEGO
A EFEKTYWNOŚĆ PROCESU NITRYFIKACJI

Olga Zając, Monika Żubrowska-Sudoł

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska,
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa,
e-mail: olazajac1994@gmail.com

Tematyka posteru będzie dotyczyła technologii złoża ruchomego w kontekście przebiegu i efektywności procesu nityfikacji. Omawiana technologia wykorzystuje naturalną immobilizację biomasy na nośnikach, które utrzymywane są w ciągłym ruchu w całej objętości bioreaktora. Jako nośniki stosuje się tzw. „kształtki”, charakteryzujące się różnymi kształtami, gęstością zbliżoną do gęstości wody – dzięki czemu możliwe jest utrzymanie złoża ruchomego w zawieszeniu w całej objętości reaktora, oraz rozbudowaną powierzchnią właściwą (Rys.1).



EvU®-Perl 800 m²/m³ nośnika

AnoxKaldnes K3 500 m²/m³ nośnika

BioChip Carrirer 3000 m²/m³ nośnika

Rys.1 Przykładowe nośniki wykorzystywane w technologii złoża ruchomego

Ponieważ biomasa rozwija się w postaci błony biologicznej, stwarza to dogodne warunki do rozwoju mikroorganizmów charakteryzujących się długim czasem generacji, do których zalicza się bakterie prowadzące proces nityfikacji. Z tego powodu technologia złoża ruchomego uznawana jest za rozwiązanie sprzyjające utrzymaniu stabilnego i zarazem wysoko efektywnego utleniania azotu amonowego. W przypadku oczyszczalni ścieków wykorzystujących metodę osadu czynnego i mających trudności z procesem nityfikacji, technologia złoża ruchomego wskazywana jest jako prosta metoda ich modernizacji. Nie wymaga ona bowiem zwiększenia objętości bioreaktora, a jedynie wprowadzenia do już istniejącego takiej ilości złoża ruchomego, która zapewni rozwój odpowiedniej ilości bakterii nityfikacyjnych. Uzyskuje się wówczas układ hybrydowy łączący w

jednym reaktorze dwie formy biomasy tj. biomasę zawieszoną w postaci kłaczek osadu czynnego i biomasę immobilizowaną w postaci błony biologicznej. Warto przy tym dodać, że dodatkową korzyścią jest możliwość uzyskania przebiegającego symultanicznie z nityfikacją procesu denityfikacji. W błonie biologicznej dochodzi bowiem do stratyfikacji tlenowej i w jej zewnętrznej tlenowej warstwie przebiega utlenianie azotu amonowego, a w wewnętrznej anoksydacyjnej dysymilacyjna redukcja azotanów lub/i azotynów. Wynikiem tych procesów jest eliminacja związków azotu ze ścieków.

**THE INFLUENCE OF ANAEROBIC DIGESTION ON SELECTED HEAVY METALS
FRACTIONATION IN SEWAGE SLUDGE**

M. Zdeb¹, J. Pacan²

¹Lublin University of Technology, Faculty of Environmental Engineering, 20-618 Lublin,
ul. Nadbystrzycka 40 B, Poland (e-mail: m.zdeb@pollub.pl)

²Graduate of Lublin University of Technology

Improvement in the efficiency of wastewater purification systems causes an increase in produced amounts of sewage sludge. Land application of sewage sludge (as a fertilizer or soil amendment) is economically attractive because of low cost and high effect. Using sewage sludge in agriculture is one of the most preferred way of its disposal, however only stabilized sludge and containing admissible concentrations of heavy metals can be used for this purpose. Heavy metals introduction to environment may cause a potential problem for public health, especially when they move from soil to plants or groundwater. Therefore, concentrations of heavy metals in sludge intended for agricultural use are regulated. Total content of heavy metals in digested sludge is not sufficient for evaluation of a potential risk to the environment. Mobility and toxicity of heavy metals depend strongly on their specific chemical forms. The concentrations of particular fractions of heavy metals are the most important parameters, which should be examined in order to estimate the influence of sludge on the environment.

The aim of the article is to evaluate the influence of anaerobic digestion on the concentration and variability of chemical forms of selected heavy metals (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) in the sewage sludge coming from municipal wastewater treatment plant in Puławy (Poland). Content of the particular forms of heavy metals in raw and digested sewage sludge was determined by means of BCR (Community Bureau of Reference) method. The BCR method of a sequential chemical extraction enables separating four fractions of heavy metals: exchangeable (containing elements, which are accessible and bound to carbonates), reducible (containing elements bound to amorphous iron and manganese oxides), oxidizable (containing metal-organic and sulphide fractions) and residual (containing elements bound to silicates).

The results obtained after analyzing raw sludge showed that majority of analyzed heavy metals were predominantly associated with the oxidizable and residual fractions. Only in case of Zn, reducible form constituted the greater part. In case of digested sludge, all studied heavy metals exhibited the most dominant oxidizable and residual fractions, however the percentages of particular fractions were different than in raw sludge. It was noticed, that all heavy metals concentrations were higher in digested sludge in comparison to sludge before anaerobic digestion. Content of heavy metals in analyzed material did not exceed admissible Polish levels for sludge intended for the agricultural use.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE OUTFLOW FROM A PERVIOUS CONCRETE SYSTEM FOR SHORT-TERM RAINFALL EVENTS OF DIFFERENT DURATION

V. Zhuk, I. Kachmar

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Using of the pervious concrete systems is an effective method of the stormwater management at the urbanized catchments. The main hydraulic parameter in the drainage systems modeling is the stormwater hydrograph for the rainfall event of a certain intensity and duration.

Hydraulic modelling of the stormwater outflow from a pervious concrete system (PCS) is sufficiently investigated at this time, but still there are some unsolved problems concerning the rainfall – runoff relationships, especially for the short-term rainfall events of the high intensity.

A series of experimental studies of the stormwater outflow from the real PCS was performed for the purpose to find the retention potential of the PCS for short-term rainfall events of different duration. Investigated sample of the PCS was installed in the experimental channel of the Complex Laboratory of Hydraulics of LPNU. The total dimensions of PCS are 3.0×0.3×0.32 m. A typical construction of PCS was used: bottom layer of the rubble stone with height of 0.22 m and top layer from the impervious concrete with height of 0.10 m. Longitudinal slope in the flowwise direction was equal to 0.01.

Retention potential of the PCS is obtained as in terms of integral runoff parameters so in comparing the runoff hydrographs for the model rainfalls of constant intensity but different duration. The intensity of experimental rainfalls was equal to 10 300 l/(s×ha) and its duration was changed in the range from 15 s to 60 s.

Special rainfall event with duration $t_{con,0} = 38.4$ s corresponds to the time of the runoff concentration from the analogical subcatchment without the PCS. Using of the PCS causes the decreasing of the maximum flow rate for this case in 3.0 times – from 0.927 l/s to 0.309 l/s.

Maximum flow rate and respective time of maximum outflow from the PCS were defined as the functions of rainfall duration. Experimental time of the runoff concentration from the PCS $t_{con,1} = 112.0$ s is obtained that is 2.92 times more comparing the same impervious concrete surface.

If the rainfall duration is less than 60.0 s, the maximum discharge of the outflow is observed after the rainfall event. Experimental dependence between the rainfall duration t_r and peak discharge time t_{max} can be satisfactory described by the exponential approximation:

$$t_{max} = 27.5 \exp(0.013t_r).$$

If $t_r \geq 60.0$ s the time of maximum outflow from PCS is simply equal to the rainfall duration, so as for usual impervious surfaces.

**DEPENDENCY BETWEEN THE TOTAL AND EFFECTIVE IMPERVIOUSNESS FOR
RESIDENTIAL QUARTERS OF THE LVIV CITY**

V. Zhuk, L. Vovk, I. Matlay, I. Popadiuk, I. Mysak, V. Fasuliak

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Increasing of impervious surface areas as result of urbanization process has significant effect on the hydrologic cycle. Urban imperviousness is one of the most principal indicators for stormwater modeling. A number of previous investigations proved that the effective or directly connected impervious area is more adequate parameter of catchment's stormwater infiltration potential comparing to the total impervious area. The problem is that simple field investigation of effective imperviousness for big scale urbanized catchments is a high expensive procedure. The simplest way to solve this problem is deriving of the general dependencies between the total and effective imperviousness. At the same time, there are some unsolved problems concerning the allowable ranges of such dependences in terms of the functional purpose of the territory and in the context of the different geographical location of the city, affecting both the climatic parameters and the local codes and regulations of stormwater drainage systems' planning and installation.

A detailed hydrologic analysis was performed using geographic information systems and field investigations of thirty residential quarters in Franko district of the Lviv city, Ukraine. All investigated quarters are located at the territory of the Baltic Sea catchment of the Lviv city, and the surface runoff from this area flows into the combined sewerage system of Lviv and further to the Lviv wastewater treatment plant.

The total area of the investigated subcatchment is 348.5 ha, including 58.5% of impervious covers, 41.2% of green spaces and 0.3% of water bodies. The share of total impervious surfaces for 30 analyzed quarters varied from 0.329 to 0.929, and the effective imperviousness – from 0.222 to 0.917, respectively.

Correlations between the total and effective imperviousness are described by the power law dependency $p_{ef}=(p_{tot})^n$. Two approaches were used to describe the relationship between the total and effective imperviousness: 1) using all 30 empirical results for each quarter; 2) the average values of the imperviousness of the total subcatchment.

Obtained values of the power law exponent for these two empirical approaches are respectively $n_1=1.31$ and $n_2=1.27$ that is significantly less comparing corresponding value $n=1.41$ in the Livingston's & Veenhuis' approximation, obtained for 14 different highly urbanized quarters of Denver city.

**OCENA RYZYKA ZDROWOTNEGO UŻYTKOWNIKÓW PŁYWALNI WSKUTEK
ZANIECZYSZCZENIA WODY BAKTERIAMI LEGIONELLA SP.**

Izabela Zimoch, Jarosław Paciej

Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków,

44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a

Streszczenie:

Jednym z głównych problemów w zakresie zdrowia publicznego jest słaba identyfikacja chorób wodopochodnych oraz identyfikacji ich etiologii. Jednym z celów dążeń nowe dyrektywy w dotyczącej jakości wody przeznaczonej do spożycia jest wdrożenie w krajach członkowskich zasad szacowania zagrożeń w systemach zaopatrzenia w wodę (SZW) w oparciu o kontrolę jakości wody i ocenę warunków funkcjonowania systemu. Wdrożenie procedur zarządzania ryzykiem w SZW ma zapewnić wzrost bezpieczeństwa dostaw wody, a co za tym idzie ochronę zdrowia konsumenta przed szkodliwymi skutkami wszelkiego zanieczyszczenia wody przeznaczonej do spożycia. Obecnie aktem wykonawczym do polskich ustaw implementujących Dyrektywę Rady Europy jest rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, które również wyznacza zakres kontroli jakości wody ciepłej w kierunku *Legionella* sp. mogącej być czynnikiem etiologicznym legionelozy. Drugim aktem regulującym jakość wody w zakresie *Legionella* sp. jest Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody na pływalniach. Akty te w odnosząc się do parametru *Legionella* sp są ze sobą styczne.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki oceny zmian stanu sanitarnego jakości ciepłej wody w odniesieniu do zanieczyszczenia bakteriami *Legionella* sp. będących efektem realizacji obowiązków właścicieli, administratorów pływalnie oraz organów kontrolnych, określonych w obowiązującej legislacji.

W oparciu o dostępne wyniki badań jakości wody, pochodzących z państwowej kontroli jakości, przeprowadzono analizę zmian jakości sanitarnej ciepłej wody na pływalniach. W analizach uwzględniono przestrzenny rozkład tych obiektów wynikający z rejonizacji podległej właściwemu terenowi organowi zdrowia publicznego prowadzącego nadzór nad jakością wody na terenie województwa śląskiego. Zaprezentowano metodykę wyznaczania ryzyka zagrożenia zdrowotnego użytkowników pływalni w efekcie zanieczyszczenia wody basenowej bakteriami *Legionella* sp w odniesieniu do dostępności tego typu obiektów. Rezultatem końcowym przeprowadzonych badań jest wykorzystanie narzędzi GIS do przestrzennej interpretacja ryzyka.

Słowa kluczowe: *Legionella* sp., baseny, ryzyko zdrowotne, GIS, kontrola jakości wody

MOŻLIWOŚĆ ZWIĘKSZENIA POTENCJAŁU METANOWEGO WYBRANYCH SUBSTRATÓW W WYNIKU ICH HYDRODYNAMICZNEJ DEZINTEGRACJI

M. Żubrowska-Sudoł, A. Garlicka, K. Sytek-Szmeichel, J. Walczak, K. Umiejewska

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska,

ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa

e-mail: monika.sudol@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: dezintegracja hydrodynamiczna, gospodarka o obiegu zamkniętym, potencjał metanowy, stabilizacja beztlenowa

Wprowadzenie

W komunalnej oczyszczalni ścieków wdrażającej podejście gospodarki o obiegu zamkniętym istotnym działaniem jest odzysk energii z osadów ściekowych – odpadu powstającego w procesach oczyszczania ścieków. Przykładem takiego działania jest beztlenowa stabilizacja osadów w wyniku której powstaje biogaz wykorzystywany do kogeneracji energii elektrycznej i ciepła. Aby zwiększyć ilość produkowanego biogazu osady ściekowe współfermentuje się z odpadami charakteryzującymi się wysokim potencjałem metanowym. Inną metodą wykorzystywaną w komunalnych oczyszczalniach ścieków w celu zwiększenia ilości produkowanego biogazu jest dezintegracja osadów ściekowych (głównie osadu nadmiernego) przed ich wprowadzeniem do komór fermentacyjnych.

Innowacyjnym podejściem, które zostanie zaprezentowane w niniejszym referacie jest połączenie obu wymienionych powyższej metod. Należy przy tym zaznaczyć, że o ile dość dobrze poznany jest wpływ różnych metod dezintegracji na potencjał metanowy osadów nadmiernych, o tyle brak jest analogicznych doniesień w odniesieniu do odpadów, które mogą stanowić kosubstrat w procesie fermentacji metanowej. W referacie przedstawione zostaną wyniki eksperymentów, których celem była analiza wpływu hydrodynamicznej dezintegracji na potencjał metanowy osadu nadmiernego oraz wybranych kosubstratów tj. gnojowicy bydłowej, wywaru pogorzelnianego oraz pozostałości z owoców.

Metodyka badawcza

Proces dezintegracji hydrodynamicznej prowadzono w nowo zaprojektowanym urządzeniu [zgłoszenie patentowe WP-84/JW 13766118, 27.12.2018]. Jego głównym elementem jest profilowany, walcowy wirnik umieszczony w przestrzeni cylindrycznej ożebrowanej zewnętrznie znajdującej się w cylindrycznym zbiorniku roboczym. Powyższe rozwiązanie zapewnia cyrkulację dezintegrowanego medium, a co za tym idzie wielokrotne przejście przez wirnik, w którym zachodzi kawitacja. Zjawisko kawitacji pojawia się zarówno w elemencie wirującym, jak i na

ożebrowaniu w pobliżu miejsca opuszczania przestrzeni wirującej przez substrat. Urządzenie napędzane jest silnikiem elektrycznym o mocy 5,5 kW i prędkości obrotowej $n=3000/\text{min}$.

W celu określenia wpływu hydrodynamicznej dezintegracji na potencjał metanowy analizowanych substratów przeprowadzono testy potencjału wytwórczego metanu (BMP), przy założeniu, że obciążenie inoculum będzie wynosiło 5 g s.m.o/L. Testy wykonano w urządzeniu AMPTS II (Automatic Methane Potential Test System).

Omówienie wyników

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych eksperymentach wskazują, że hydrodynamiczna dezintegracja mieszaniny osadu nadmiernego i gnojowicy bydłowej prowadzona przy gęstości energii wynoszącej 70 kJ/L pozwoliła na wzrost jej potencjału metanowego (Y_{CH_4}) ze 143 to 159 NmlCH₄/g smo. Wzrost potencjału metanowego odnotowano również w przypadku zastosowania wstępnej obróbki pozostałości owoców. Hydrodynamiczna dezintegracja tego typu odpadów prowadzona przy gęstości energii wynoszącej 35 i 70 kJ/L przyczyniła się do zwiększenia Y_{CH_4} z 249 NmlCH₄/g s m.o. do 273 i 261 NmlCH₄/g s m.o. Odmiennie wyniki uzyskano dla mieszaniny osadu nadmiernego i wywaru pogorzelnianego. W tym przypadku hydrodynamiczna dezintegracja skutkowała zmniejszeniem potencjału metanowego z 267 NmlCH₄/g s m.o. do 249, 238, 229 NmlCH₄/g s m.o., odpowiednio w przypadku dezintegracji prowadzonej przy 35, 70 i 140 kJ/l.

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki pozwalają sformułować wniosek, iż hydrodynamiczna dezintegracja jako wstępna obróbka substratów poddawanych procesowi fermentacji metanowej daje możliwość zwiększenia ilości produkowanego metanu. Aczkolwiek, aby uzyskać zamierzony efekt należy przeprowadzić testy mające na celu wybór substratu poddawanego procesowi dezintegracji oraz gęstości energii przy jakiej prowadzona będzie dezintegracja. Niewłaściwie dobrane parametry wstępnej obróbki mogą bowiem skutkować pogorszeniem efektywności procesu fermentacji metanowej, wyrażonej zmniejszeniem ilości produkowanego metanu.

Zagadnienie realizowano w ramach projektu badawczego nt. „Opracowanie technologii przygotowania substratów wykorzystywanych w kofermentacji metanowej metodami dezintegracji” (DEZMETAN) (Nr: POIR.04.01.02-00-0022/17), finansowanego w ramach Działania 4.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

**OPRACOWYWANIE HIETOGRAMÓW WZORCOWYCH
DO MODELOWANIA KANALIZACJI**

K. Wartalska, B. Kaźmierczak, A. Kotowski

Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poland

Corresponding author: katarzyna.wartalska@pwr.edu.pl

Występujące coraz częściej powodzie miejskie, wywołane przez intensywne opady i towarzyszące nim gwałtowne spływy powierzchniowe wód opadowych, wyrządzają szkody zwłaszcza na terenach zurbanizowanych. Potencjalne zagrożenia środowiskowe powodowane wylewami z kanalizacji można wykazać jedynie przy pomocy modelowania hydrodynamicznego. Modele do symulacji działania systemów kanalizacyjnych umożliwiają bowiem uwzględnienie zmiennych w czasie i przestrzeni scenariuszy obciążeń zlewni opadami. Scenariuszami tymi mogą być zarówno rzeczywiste, zmierzone w wieloletniu intensywne lokalne opady, jak i opady modelowe, tworzone na podstawie lokalnych krzywych intensywności (IDF) lub wysokości (DDF) opadów deszczowych. Zadawany w modelowaniu hietogram opadu, ma zwykle decydujący wpływ na symulowaną wielkość odpływu ze zlewni. Konieczne jest więc stosowanie opadów modelowych, które powinny w właściwy sposób odzwierciedlać podstawowe parametry opadów występujących w rzeczywistości. Obecny stan wiedzy wskazuje na pilną potrzebę podjęcia badań nad określeniem cech typowych rozkładów intensywności w czasie zjawisk opadowych.

Wybór miarodajnego scenariusza opadowego jest jednym z najważniejszych zadań stojących przed projektantem systemów odwodnień terenu. Jak dotąd w Polsce niewiele jest udokumentowanych badań nad zmiennością czasową opadów, a opisane w literaturze zagranicznej badania nad rozkładem czasowym opadów są często przedstawiane w zbyt skrótowej formie. Brak jest np. opisów założeń wyjściowych, metodyki analizy danych czy procedur do wyznaczenia charakterystyk rozkładu opadów w czasie, co utrudnia ich potencjalne wykorzystanie. Z uwagi na brak wiarygodnego hietogramu wzorcowego dla polskich warunków hydrologicznych, do modelowania hydrodynamicznego kanalizacji zaadaptowany został model Eulera typu II, a powszechnie stosowany w Niemczech.

W pracy omówiono zasady tworzenia hietogramów wzorcowych, będące rezultatem badań przeprowadzonych w różnych rejonach świata, dla różnych warunków klimatycznych. Potencjał naukowy i praktyczny (w zastosowaniu do modelowania kanalizacji) mają hietogramy wzorcowe deszczów opracowywane według: metod bazujących na całych krzywych IDF (modele Eulera typu II lub Chicago – tworzone w układach wymiarowych) oraz metod bazujących na rzeczywistych zbiorach danych opadowych (krzywe masowe Huffa, DVWK lub SCS – tworzone w układach

bezwymiarowych). Trzecia grupa metod, do których należą metody stochastyczne generowania hietogramów wzorcowych, są trudne do zastosowania w praktyce inżynierskiej, z uwagi na rozbudowaną parametryzację opisu fizykalnego zjawisk i zastosowany wysoce zaawansowany aparat matematyczny.

Przy tworzeniu/weryfikacji lokalnych wzorców deszczy w układach wymiarowych, w dostosowaniu do zasad modelowania kanalizacji deszczowej czy ogólnospławnej – dla małych zlewni, gdzie wykorzystuje się dotychczas wzorzec Eulera, należy ograniczyć badania (zakres danych) do intensywnych, krótkotrwałych opadów o czasie trwania od 10 minut (jako najkrótszy, obliczeniowy w kanalizacji) do 2 godzin (jako najdłuższy czas przepływu w kanałach małych sieci). Parametry te stanowią więc kryteria ograniczające czasowy zasięg modeli wzorców opadów, tworzonych w układach wymiarowych.

**REMOVAL OF MICROPLASTICS IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS;
CROSS-BORDER COOPERATION OF THE EMPLA (CZ) AND THE UNIVERSITIES
OF HRADEC KRÁLOVÉ (CZ) AND OPOLE (PL)**

**P. Král^{1,4}, M. Halamek¹, R. Hyšpler¹, L. Hyšplerová¹, S. Eminger², V. Štěpánek¹, M. Vojta¹,
Š. Hubálovský¹, J. Kříž¹, S. Wierzba³, A. Dolhanczuk-Szródko³, M. Rajfur³, T. Lyčka¹**

¹ Faculty of Science, University of Hradec Králové (CZ),

² EMPLA Hradec Králové (CZ),

³ WPT of University Opole (PL)

⁴ Královéhradecká provozní, a.s. Hradec Králové (CZ)

The occurrence of microplastic particles in waters of all kinds (waste, surface and drinking) has become a very popular topic in many studies. However, this issue is often unprofessionally interpreted, which leads to the creation of media alarm messages. We believe that knowledge in this area is still very small. Methodologies for measuring and monitoring microplastics in waters are not clearly defined and developed, the interpretation is unclear, the assessment of health risks is mostly not carried out and information on real contamination in the regions and streams is not available. In the first part of the our cross-border research we focus on the development and description of MRS and SEM / EDS methods, which are considered to be the most suitable for tracking microplastic particles in water. Students from both universities use the Microraman spectroscopy screening method to determine the water flow – raw water for the production of drinking water and the effluent and to determine the outflows from the equipment (produced drinking water and waste water treatment). They continuously evaluate the efficiency of microplastic separation on these devices. Students focus on new progressive industrial wastewater treatment plants developed by EMPLA Hradec Králové.

Keywords: microplastic in surface water, waste water treatment plants

**MODERNIZATION OF THE WATER TREATMENT PROCESS
FROM HEAVY METALS**

Olena Mitryasova¹, Volodymyr Pohrebennyk², Anna Yushchishina³

¹Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

²Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

³Mykolaiv V.O., Sukhomlynskyi National University, Mykolaiv, Ukraine

One of the most important pollutants of wastewater is heavy metals. Sources of heavy metals are enterprises of the chemical, metallurgical industry and other. Removal of heavy metals ions from discharges, in particular galvanic plants, is one of the most difficult tasks of wastewater treatment. There are many methods of treatment, but their disadvantages include insignificant performance, significant energy costs, generation of secondary chemical pollutants, etc. Today there are many methods of purification: physical, physicochemical, combined, but to their general disadvantages are insufficient productivity, significant energy costs, and most importantly, the generation of secondary chemical pollutants of water. Therefore, the modernization of existing methods of purification of heavy metal wastewater remains an urgent task for researchers.

Subject of research is: process of wastewater treatment of galvanic manufactures with the help of an electro spark method.

Object of research: wastewater of galvanic production.

The aim of the research is to improve the method of treatment of the galvanic sewage with the help of the electro spark method.

The method of investigation is an electro spark method, the essence of which is the short-term electrical pulses through the waste water through the electrodes submerged in the solution. The pulsed electric discharge in the liquid is accompanied by a sharp increase in pressure (up to 100-200 MPa), the influence of strong electromagnetic and acoustic fields, cavitations, which creates a powerful flow of fluid that converges and diverges, a sharp increase in temperature, and so on. The electrical discharge, in fact, the explosion in the aqueous phase causes complex physical and chemical processes in it, which leads to the decomposition of organic impurities present in sewage, the improvement of the coagulation of colloidal and suspended matter, the deposition of suspensions and chemical compounds.

Determination of the concentration of general Chromium, Zinc and Cuprum in sewage was carried out using a photocolometric method (table 1).

Some results of the analysis are presented in the tables 2, 3.

Table 1

Contents of heavy metal ions in the wastewater

pH	Color	Cr ⁶⁺ +Cr ³⁺ , mg/l	Zn ²⁺ , mg/l	Cu ²⁺ , mg/l
6,0	light yellow	4,687	0,06	5,280

Table 2

The results of the treatment with the specific energy processing 130 kJ/l

	pH	Color	Cr ⁶⁺ +Cr ³⁺ , mg/l	Zn ²⁺ , mg/l	Cu ²⁺ , mg/l
Before the treatment	6,0	light yellow	4,687	0,06	5,280
After the treatment	7,1	without color	0,048	0	1,455

Table 3

The efficiency of the galvanic wastewater treatment by changing the specific energy of processing

№	W _{spec} , kJ/l	The concentration of the ions of heavy metals, mg/l			pH	Color
		Zn ²⁺	Cr ⁶⁺ +Cr ³⁺	Cu ²⁺		
0	Before the treatment	0,26	1,27	0,06	7,448	light yellow
1	130	0	0,0002	0,003	7,336	without color
2	65	0,028	0,0023	0,01	8,189	without color

It is practical to achieve the degree of purification of the galvanic wastewater is characterized by such excessive concentrations of heavy metals:

Zn²⁺ – completely removed (less than 0,001 mg/l), do not need further purification;

Cr⁶⁺ + Cr³⁺ – up to 0,0002 mg/l, do not need further purification;

Cu²⁺ – up to 0,003 mg/l, conditions that the concentration can be reduced to 0,001 mg/l with increasing specific energy processing

The results of the experimental data show that purification of galvanic wastewater from heavy metals to the norms of the MPC by electro spark method is quite possible. This method has a high degree of effectiveness purification and prospects for technological implementation.

**WASHING WATER AND SEDIMENT
OF WATER PURIFICATION PLANTS PROCESSING**

K. Sorokina

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

At water purification plants intended for surface water sources cleaning, pollutants are concentrated in the following types of drains: sediment and washing water in the clarifying system and washing water in the filtration system. Disposal these sediment and washing water in the reservoir leads to their re-pollution which results is the rivers silting, environmental pollution, irrational water consumption, and the complication of the water purification. Sediment disposal in the storage unit is also not a solution of recycling disposal of water supply stations.

One of the ways to solve this problem is the development of technical methods to reduce the volume of sediment and washing water that are formed and prevent their disposal in the reservoir utilizing. It is necessary to take into account the quality of water sources and, as a consequence, the properties of sediment.

The aim of the work is to offer a drainless technological scheme of water purification plants. The drainless scheme is a water purification one in which the volume of wastewater discharged after the main technological scheme of water treatment is reduced to zero, or to such values, which are not taken into account, due to their insignificant amount.

To achieve this goal, the following tasks are set:

- analysis of the composition and properties of sediments that are formed during the purification of low-turbidity colored waters;
- the choice of techniques and equipment for the treatment of sediment and washing water of clarifying and discoloration water of water purification plants;
- assessment of the practical results of the implementation of technical solutions.

The main components of the sediment are products of hydrolysis of coagulants and mineral and organic contamination contained in the source water. The sediment formed during the purification of low-turbidity colored waters characterize sufficiently high humidity (up to 99 %), the content of organic matter (58-63 % by weight of dry matter) and colloidal hydroxides (20-45 %), low water-purifying properties (specific resistance of filtration $(800-1600) \cdot 10^{10}$ cm/g) compared with sediments of high turbidity waters.

For processing of washing water and sediment at water purification plants, a technological scheme can be offered, which includes the following steps:

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

– the washing water is collected in the tanks. To prevent the separation of wastewater from the fraction, in order to average them continuously in the tanks, electromechanical mixers must be provided;

– washing water is fed on thickening to centrifugal decanter. Universal condensing decanter has an intermediate structure between decanters and centrifuges and therefore can operate in two modes: thickening or dewatering. Decanters are equipped with loading and unloading devices, automated control and control systems, breathing outlets for the removal of smells outside the premises, as well as a separate input for the introduction of flocculants in their mode of operation. The efficiency of the solid phase separation when sealing the suspensions and the mechanical dewatering of sediment after treatment with the flocculants increases;

– to prepare the flocculation solution it is necessary to provide installation with dosing pumps with systems of technological binding and controlling. The loading of the granular flocculation into the liquid polymerization station is carried out by vacuum devices;

– after the decanter the clarified water is fed in the reservoir of clarified water but the thickened sediment (concentrate) into the reservoir of the thickened sediment. The thickened sediment tank is equipped with a device for mixing the sediment;

– the clarified water is fed to the settling;

– the compacted sludge is fed to centrifuge for unwatering with a preliminary treatment with a solution of flocculant.

Given that in this case there are two fluids with completely different physical and chemical properties of substances (washing water and thickened sediment) and with different dosages of flocculant, it is necessary to use two independent units of preparation and dosage of flocculants;

– unwatered sediment can be used as a component of the raw material mixture for the production of bricks instead of clay or as fertilizers in forest nurseries and forest plantations in order to increase the soil fertility.

The implementation of the drainless scheme will achieve the following practical results:

– to exclude the dumping of technological contaminants in water objects;

– to prevent environmental pollution and pollution of water supply sources;

– to use as much as possible the water of the source by processing and returning the clarified technological water to the plumbing station;

– to prevent silting of mixers and structures of settling as a result of the return of washing water;

– to improve the efficiency of treatment facilities, reduce the cost of reagents;

– to ensure the disposal of waste.

**INFORMATION SUPPORT FOR RECONSTRUCTION OF WATER TREATMENT
PLANTS OF THE UKRAINIAN-POLISH HYDROLOGICAL NETWORK
IN LVIV REGION**

V. Mokryy¹, I. Kazymyra¹, I. Petrushka¹, R. Grechanyk², T. Grechuh³, A. Piatova⁴

¹Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

²Department of Ecology and Natural Resources of Lviv Regional State Administration, Ukraine

³Ivan Franko Lviv National University, Lviv, Ukraine

⁴National Technical University of Ukraine “I. Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

e-mail: mokriy@ukr.net

The intergovernmental relations of Ukraine and Poland in the field of regional nature management determine the priorities of joint environmental quality management, the degree of anthropogenic impact on the border territories, ensuring the environmental safety of the areas located on the border with the European Union.

The relevance of the research is obvious. It is substantiated by the environmental and operational problems existing in the network of sewage treatment plants in the border areas. The ecological safety of surface waters of the Ukrainian-Polish hydrological network is determined by the quality of surface waters of the boundary rivers. Transboundary pollution of surface waters is determined by several interrelated factors: inefficient operation of sewage treatment plants, pollution of soil and atmosphere, change of landscape structure and man-made congestion of the territory, lack of water protection zones and coast-protective zones. This type of pollution is one more manifestation of the ecological interdependence of the countries and needs the development of global cooperation on many environmental issues.

The research methodology allows identifying the environmental, economic and technological causes and effects of transboundary water pollution, and that improves the effectiveness of the selection of proposals to remedy environmental problems and makes research constructive. The synthesis of ecological-cartographic models of hydrological ecosystems was realized using modern GIS technologies, namely MapInfo Professional geographical information system.

The results of the studies concern the analysis of the current state of water resources management of the Ukrainian-Polish hydrological network within Lviv region and substantiation of the need for reconstruction of water treatment facilities in order to reduce the negative trends in the ecological situation in the transboundary basin.

Transboundary environmental safety is at risk due to the environmental pollution that occurs outside the jurisdiction or control of a country that engages in activities that cause transboundary

damage. The process of transboundary contamination includes three phases: the release of the pollutant into the environment; the transfer of the pollutant across the state border; the interaction of the pollutant with the environmental objects of the another state or the natural environment outside the national jurisdiction.

Results of the executed research work, algorithms, methods and technologies of the ecological monitoring, are presented as thematic GIS-models. Hydrological network is characterized by relatively dense net of plain rivers and meliorative chains, by insignificant number of lakes and significant number of artificial reservoirs with various functionality, by small areas of wetlands. The ecological and cartographic models of ukrainian-polish hydrological network, roadnet, man-made change of soil of biosphere reserve “Roztochya” are synthesized by GIS tools.

The discharge of insufficiently treated wastewater from treatment facilities is carried out in the basins of transboundary rivers (Sian, Western Bug). Surface waters currently belong to one of the most polluted natural resources. The preliminary ecological and economic analysis of the reconstruction costs of water treatment facilities has been carried out. Such reconstruction need to be implemented in order the quality of the sewage that has been treated and discharged into the rivers to match to the current requirements of the European Union.

The ecological and economic losses from the activity of enterprises or industries, which takes place in the border area, can be also attributed to the environmental problems of nature management in the border territories. In addition, the waste from industries not located in the border area but which may cause damage to that areas also are transboundary pollution. Any contamination in the area under the jurisdiction of a state caused by an activity which physical source is located wholly or partly within the area under the jurisdiction of the other state is considered as transboundary.

The system of ecological and economic relations between management bodies and water users that arise in the process of formation, distribution and use of water resources of the Ukrainian-Polish hydrological network of Lviv region is investigated. The indicators of surface water quality, the level of anthropogenic load on the river basins of the Western Bug and Xiang, measures of stabilization and improvement of ecological status of transboundary rivers are analyzed.

Conclusions and prospects for further studies include the creation of an information-analytical system for monitoring the surface waters of the Ukrainian-Polish hydrological network in Lviv region. Sewage treatment plants located in the transboundary territories of the Western Bug and Sian River basins and their equipment need reconstruction which foresees: execution of a working project, construction works; supply, installation, start-up and adjustment work; commissioning of new equipment, instruments and measuring tools; operator training.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ТА САМОРЕГЕНЕРАЦІЇ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ БАСЕЙНІВ

О. А. Ткачук, Я. В. Ярута

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Атмосферні опади у вигляді дощу і снігу, а також поливо-миючі води, на урбанізованих територіях утворюють поверхневий стік, який є одним з найбільших забруднювачів водних екосистем завислими речовинами, органічними сполуками, нафтопродуктами, важкими металами та іншими сполуками.

Дошові стоки також наносять шкоду міським територіям, особливо при застосуванні загальносплавної системи водовідведення. При дощах великої інтенсивності частина мережі працює у напірному режимі, що часто призводить до затоплення територій, зокрема, через дощоприймальні та оглядові колодязі. Тому, важливим є зменшення не тільки рівня забруднення поверхневого стоку, але й «пікових» навантажень на водовідвідні мережі.

Вирішенням цих проблем може бути влаштування інфільтраційних басейнів на міських територіях, які стануть важливими елементами не тільки систем водовідведення, але й благоустрою урбанізованих територій та їхніх екосистем. Вони дозволяють проводити регулювання дощового стоку шляхом його тимчасового затримання, зменшуючи цим навантаження на водовідвідні колектори, а також очищувати поверхневі води від завислих та мінеральних речовин, нафтопродуктів тощо.

Проведені дослідження показали, що поглинальна здатність інфільтраційних басейнів залежить, в основному, від фільтраційних властивостей верхнього шару його завантаження. Для визначення фільтраційної, водопроникної та регенеруючої здатності верхнього рослинного шару з розвинутою кореневою системою було відібрано п'ять його зразків. На кожен із них протягом 20-30 хвилин (середня тривалість дощу) подавали воду, забруднену поверхневим осадом з концентрацією 1,5 г/л. Цей осад напередодні збирали на узбіччях вулиць м. Рівного у місцях тимчасового накопичення дощових вод. Пізніше, з інтервалом у кілька діб, для кожного зразка з подачею чистої води визначали водопроникність і коефіцієнти фільтрації. Оцінку ефективності затримання забруднень дощового стоку в інфільтраційних басейнах проводили на основі аналізів його якості. Аналізи якості дощової води до і після її очистки у верхніх рослинних шарах завантаження проводили за стандартними методиками у спеціалізованих лабораторіях (НУВГП та ДУ «Рівненський обласний лабораторний центр МОЗ України»).

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Результати досліджень зміни коефіцієнтів фільтрації верхніх шарів завантаження наведені у табл. 1, а показники якості дощового стоку – у табл. 2.

Таблиця 1

Зведена таблиця зміни коефіцієнтів фільтрації верхніх шарів завантаження
при поглинанні забрудненого дощового стоку

№ зразка	Коефіцієнти фільтрації K_f , см/хв					
	До кольматації	Після кольматації	Після природнього відновлення			
			через 1 добу	через 2 добу	через 6 добу	через 7 діб
1	7,18	1,72	2,35	3,00	3,45	3,79
2	0,77	0,63	1,32	1,62	1,93	2,28
3	4,45	2,22	-	3,12	4,06	4,54
4	5,22	2,05	-	2,79	3,15	3,55
5	-	1,50	1,56	2,19	3,4	3,26
Ср.зн.	4,41	1,62	1,74	2,54	3,20	3,48

Таблиця 2

Результати визначення показників якості дощової води до та після фільтрації
через верхні шари завантаження інфільтраційного басейну

№ зразка	Завислі речовини, мг/дм ³	БСК ₅ , мг O ₂ /дм ³	ХСК, мг O ₂ /дм ³	Нафто-продукти, мг/дм ³	Розчинений кисень, мг/дм ³	Окиснювальність, мг O ₂ /дм ³	pH
До фільтрації							
1	356	3,6	170	< 0,3	3,6	36	6,7
2	231	3,5	100	< 0,3	3,5	76	7,1
3	324	3,2	130	< 0,3	3,2	66	7,3
Після фільтрації							
1	110	2,3	370*	< 0,3	2,4	36	6,95
2	26,8	2,2	375*	< 0,3	2,3	40	7,0
3	49	2,4	375*	< 0,3	2,5	32	6,85
Показники якості очищеної стічної води за ДСТУ 8691:2016							
-	50-100	20-25	60-90	1-2	-	-	-

* Внесення хімічних добавок чи пестицидів для покращення росту рослинного шару негативно впливає на якість дощового стоку.

Проведені розрахунки і дослідження показують, що застосування інфільтраційних басейнів на урбанізованих територіях, дозволить не тільки регулювати дощовий стік, але й затримувати забруднення при його фільтруванні через верхні рослинні шари. Цей процес є циклічним саморегульовальним: кольматація – регенерація. При цьому завдяки природнім властивостям поглинальна здатність типового рослинного шару з розвиненою кореневою системою відновлюється практично повністю за 6-7 діб міждощового періоду (ефект відновлення для більшості зразків становив 50-120%, а для зразка № 2, що мав найменше значення початкового коефіцієнта фільтрації, понад 200%).

**НАБЛИЖЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ СКИДАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН
ІЗ СТІЧНИМИ ВОДАМИ ДО ВИМОГ ЄС**

В. І. Уберман¹, Л. А. Васьковець²

¹ Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», ² НТУ «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Цільові показники для розроблення та експлуатації систем міського та промислового водовідведення визначаються на підставі законодавчих вимог до скидання забруднюючих речовин (ЗР) із стічними водами у водні об'єкти. У роботі досліджуються законодавчі, нормативно-технічні та нормативно-методичні засоби регулювання скидання забруднюючих речовин (РСЗР) з точкових джерел у поверхневі води в Україні та в Європейському Союзі (ЄС). Кінцевою метою дослідження є розроблення пропозицій щодо інженерно-технічної конкретизації змісту, обсягу, послідовності завдань та вимог з приведення еколого-правового інституту РСЗР водного законодавства України у відповідність до екологічного законодавства ЄС.

1. За Водним кодексом України (ВКУ) у сучасному складі інструментів РСЗР найважливішим є нормативи гранично допустимого скидання (ГДС) ЗР із зворотною водою. Нормативами ГДС визначається безпосередній вплив на стан водних об'єктів внаслідок спеціального водокористування, зокрема, із стічною водою з очисних споруд. Цільові та критеріальні вимоги до використання зазначеного інструменту наводяться у підзаконних актах, а також у загальнодержавних та галузевих нормативно-технічних документах. Ці документи мають численні недоліки та невідповідності законодавчим вимогам та науково-технічним принципам. Зокрема, значний, а іноді й визначальний, незаконний і недопустимий вплив на регулювання якості вод чиниться з боку «Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами» 1999 р. (Правила) та суто методичного документа з нормування скидання ЗР: «Інструкції про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами» 1994 р. (Інструкція). Незважаючи на те, що Інструкція, яка за часом створення передувала ВКУ, ґрунтується на концепціях соціалістичної економіки та охорони вод і є вкрай застарілою. Вона й наразі залишається чинною. Користування Інструкцією призводить до встановлення державних нормативів ГДС ЗР за незаконними та інженерно хибними вимогами. **Головною регулюючою вимогою ГДС слід вважати необхідність зменшення концентрації ЗР у стічній воді проти існуючого фактичного рівня.** При цьому Правила та Інструкція не враховують реальні властивості існуючих систем водовідведення, особливості їх проектування та використання, а саме: ігнорують **нерегульованість (або обмежену регульованість) очисних споруд існуючих українських водокористувачів.** За невеликим виключенням більшість таких споруд збудована

за застарілими проектами, багато років експлуатувалася з фіксованими та з погіршеними проти проектних характеристиками. За документацією ГДС зазначену регулюючу вимогу вимагається здійснювати (в межах строку дії дозволу на спеціальне водокористування, зазвичай, 3 роки) шляхом створення додаткових ланок очищення в системі каналізації водокористувача або реконструкції останньої. Досвід та аналіз свідчать, що така вимога не виконується жодним спецводокористувачем України, що знищує ефект регулювання. Головними причинами є: відсутність вільної території та необхідних ресурсів, недостатня вимогливість контролюючих органів, а також досі існуючий у суспільстві пріоритет господарської діяльності. Подолання зазначеного протиріччя можливе внаслідок переходу до європейської системи РСЗР.

2. Імплементация інституту РСЗР Директиви 2000/60/ЄС (ВРД ЄС) має здійснюватися за двома головними напрямками стосовно найбільш поширених видів точкових джерел ЗР: централізованих міських та промислових каналізацій. Вимоги щодо першого напрямку викладено у Директиві № 91/271/ЄЕС, а до другого – у Директиві 2010/75/ЄС та в Імплементативному Рішенні Комісії (ЄС) 2018/1147. За ВРД ЄС головним механізмом реалізації РСЗР є комбінований підхід, який ґрунтується на *найкращих доступних технологіях (НДТ) очищення* (головний інструмент) або на відповідних нормативах ГДС. Українські технічні засоби очистки для першого напрямку є достатньо близькими до вимог ЄС як за НДТ, так і за ГДС. Наразі найбільше значення мають еколого-правові та інженерно-технічні вимоги до НДТ для промислових водокористувачів. Для реалізації таких вимог в Україні пропонуються наступні заходи: 1) невідкладне *включення у ВКУ поняття та еколого-правових критеріїв НДТ очищення стічних вод* як ефективного інструменту РСЗР; 2) створення підзаконних актів щодо *порядку визначення, реєстрації і використання НДТ* очищення стічних вод у міському та промисловому водокористуванні; розроблення нормативно-технічних документів щодо технічних вимог до НДТ; 3) запровадження, експлуатаційне підтримання та розвиток *системи інформаційного забезпечення національної системи НДТ*, пов'язаної з європейськими керівними технічними джерелами та включаючої державний реєстр НДТ у сфері очищення стічних вод.

Висновки. Запропоновано комплекс еколого-правових заходів для наближення українського підінституту РСЗР до екологічного законодавства ЄС, а також структуру нормативно-технічної та нормативно-методичної бази. Визначено напрями інженерно-технічної конкретизації змісту, обсягу, послідовності відповідних завдань та вимог. Найважливішим етапом є створення національної системи НДТ очищення стічних вод, інтегрованої у відповідні європейські структури.

**ДЕСУЛЬФУРИЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ВОДНО-ЛУЖНИХ РОЗЧИНІВ ТА
ОТРИМАННЯ НОВИХ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ**

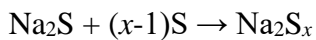
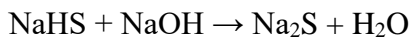
О. С. Худоярова¹, О. А. Гордієнко², А. В. Блажко¹, Т. І. Панченко², А. П. Ранський²

¹Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
м. Вінниця, Україна

²Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Забруднення навколишнього середовища твердими промисловими відходами та стічними водами хімічної, коксохімічної, нафтопереробної, гірничодобувної та металургійної промисловості складає значне навантаження на довкілля. Це пов'язано з наявністю в їх складі токсичних та високотоксичних хімічних сполук – сульфідів, гідросульфідів, меркаптанів та галогенвмісних органічних сполук, а також важких металів із низькими значеннями ГДК.

Сульфурвмісні стічні води цілої низки хімічних промислових виробництв, як правило, підлягають нейтралізації лужними розчинами. Так, утилізацію відпрацьованих сульфідно-лужних розчинів очищення сирової нафти від сульфурвмісних сполук проводять шляхом їх реагентної взаємодії за загальною схемою:



Полісульфід купруму CuS_x , що при цьому утворюється, може використовуватись як складова компонента високотемпературних консистентних мастил у високонавантажених парах тертя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що сумісна переробка та утилізація відходів промислових промивних вод гальванічного виробництва і високотоксичних відпрацьованих сульфідно-лужних розчинів нафтопереробних заводів, які накопичені в значних кількостях в Україні, дасть змогу вилучити цінні хімічні сполуки, повторно їх використовувати та суттєво покращити екологічний стан довкілля в місцях їх зберігання. Виділені полісульфіди купруму (II) можуть бути ефективно використані як добавки у складі нових карбон-сульфурвмісних пластичних мастил.

Так, для високонавантажених вузлів тертя сучасних машин та механізмів характерні розширені високотемпературні діапазони експлуатації, збільшення їх контактних та вібраційних навантажень. Крім того, пластичні мастила використовують в вузлах тертя, що працюють в глибокому вакуумі, в окисно-відновних газових середовищах, в контакті з

водою, при жорсткому радіаційному опроміненні і в багатьох інших специфічних умовах експлуатації. Чисельні умови експлуатації вимагають розробки і використання великої кількості спеціальних пластичних мастил, що різняться як за складом, так і за призначенням та експлуатаційними характеристиками.

На сьогодні великий об'єм прикладних досліджень пояснює зв'язок отриманих експериментальних матеріалів з будовою структурного каркаса пластичних мастил, їх реологічними та експлуатаційними характеристиками, фізико-хімічними властивостями дисперсійного середовища та дисперсних фаз. Експлуатаційні характеристики пластичних мастил можна суттєво покращити за рахунок введення до їх складу функціональних додатків (протизношувальних, протизадирних), наповнювачів.

Нами одержані нові карбон-сульфурвмісні пластичні мастила, а також досліджені їх трибологічні властивості в парах тертя валкових чотирирядних підшипників. Як карбонвмісна складова досліджена регенована суміш сорбентів (активоване вугілля і кізельгур), а як сульфурвмісна складова – полісульфід купруму (II) CuS_x ($x = 2-5$), що є продуктом реагентної десульфуризації відпрацьованих лужних розчинів очищення нафти та нафтопродуктів за загальною схемою:



Крім цього, як складові розроблених пластичних мастил використовувались борорганічна сполука («Боран»), індустриальна олива І-20А та мастило універсальне І-13.

Випробування проводились на ТОВ «Биолог» (м. Херсон, Україна) в цеху переробки вторинної полімерної сировини, а саме на вальцях СМ-ПД 1500 660/660 Л.М1. При випробуваннях порівнювали навантажувальні та температурні характеристики вузла тертя при використанні солідолу (ГОСТ 1033-79) та розроблених карбон-сульфурвмісних пластичних мастил. Експлуатаційні дослідження пар тертя показали, що використання, наприклад, солідолу можливе лише за температур, які не перевищують 50-60 °С, тоді як реальна температура досягала 85-90 °С. В таких умовах мастило солідол витікало, а в парі тертя виникала загроза заїдання та виведення чотирирядних валкових підшипників із експлуатації. При використанні розроблених нами пластичних мастил температура у вузлах тертя не перевищувала стандартних величин згідно з ГОСТ 1033-79, а сама поверхня валкових підшипників залишалась чистою, гладкою, без накатів та тріщин. Отже, можна констатувати, що розроблені нові карбон-сульфурвмісні пластичні мастила мають високі термічні та протизношувальні властивості.

Таким чином, реагентна десульфуризація промислових сульфідно-лужних стічних вод дозволяє не лише очистити воду, а і отримати нові пластичні мастила з високими експлуатаційними характеристиками, що розширюють існуючий асортимент спеціальних пластичних мастил.

**ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

В. Д. Погребенник, Н. Л. Бернацька, І. В. Типіло

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Вступ. Розвиток підприємств харчової промисловості в Україні в сучасних умовах супроводжується зростанням їх екологічної небезпеки. Підприємства харчової промисловості створюють складну екологічну ситуацію адже, як правило, не впроваджують безвідходні та маловідходні технології, мають низькі ступені очищення стічних вод, викидів забруднювальних речовин в атмосферу та значну кількість відходів виробництва. Водночас від підприємств харчової галузі очікують якісних, екологічно безпечних продуктів харчування, що потребує вирощування екологічно-чистої сільськогосподарської сировини. Тому на підприємствах харчової галузі в першу чергу необхідно створювати сучасні надійні системи екологічного управління, які дозволять захистити довкілля від шкідливого впливу виробництва.

Метою роботи є розроблення підходів для екологізації технологій на підприємствах харчової промисловості.

Виклад основного матеріалу. Екологізація технологій на підприємствах харчової промисловості передбачає систему заходів щодо запобігання негативному впливу виробничих процесів на природне середовище. Екологізації технологій досягають завдяки впровадженню маловідходних технологій чи технологічних зв'язків, що забезпечують мінімум шкідливих викидів, розсіюваних та неутилізовуваних відходів, що не забруднюють навколишнє природне середовище. Екологізації виробництва досягають також завдяки раціональному переробленню сировини і впровадженню нових іноваційних технологій.

Збереження стабільного позитивного приросту продукції у харчовій промисловості потребує постійного техніко-технологічного оновлення підприємств, тому що недостатній рівень розвитку технологічної бази, притаманний багатьом структурним підрозділам цього виду діяльності, становить проблему, яка вимагає активізації інноваційної діяльності, задіяння важелів, які сприяють підвищенню ефективності виробництва.

У результаті аналізу роботи очисних споруд підприємств харчової промисловості підтверджено низьку ефективність класичної біотехнології, що пояснюється непристосованістю конструкцій та біоценозів біологічних очисних споруд до складу стічних вод.

Із поміж різноманітних методів фізичних впливів на процеси водопідготовки та водоочищення, у тому числі і від біологічного забруднення, широкого застосування набули

методи кавітаційної обробки води, в основу яких покладено ультразвукове та гідродинамічне збурення кавітації в рідинах. Поєднуючи доволі високі ступені хімічного очищення та біологічного знезараження завдяки ініціюванню та активації окисних реакцій у збуреному в рідинах кавітаційному полі ці методи, поряд з тим, не піддають оброблювані рідини подеколи шкідливим потужним високоенергетичним впливам, не передбачають потреби у спеціальних підготовчих та заключних операціях, крім очищення рідин від механічних домішок, можуть органічно поєднуватись із подачею в зону кавітації додаткових газових активаторів та каталізаторів тощо.

Однак і цим методам притаманні певні недоліки, зокрема дискретність обробки, незначна продуктивність та висока енергоємність для ультразвукового методу, а для гідродинамічного – недостатній ступінь очищення та рівномірність обробки тощо. Тому актуальними залишаються дослідження, спрямовані на створення сучасних новітніх технологій водопідготовки та водоочищення, спроможних поєднувати високу ступінь очищення води із значною продуктивністю, та обладнання для їх реалізації.

Вібраційний електромагнітний кавітатор резонансної дії для збурення кавітації належить до галузі обладнання кавітаційних хіміко-технологічних процесів. Він може бути застосований, наприклад, для водоочищення, знезараження питної води, стоків хімічних, харчових та переробних підприємств від різноманітних забруднень, у тому числі і біологічних. Даний кавітатор належить до групи обладнання, які реалізують фізико-хімічні методи кавітаційного ініціювання та активації окиснювально-відновлювальних реакцій у рідинах енергією сплескування великої кількості самозароджуваних кавітаційних бульбашок.

Механізми впливу та анаеробна дія кавітаційного поля на мікроорганізми, які забруднюють воду, підчас застосування електромагнітного віброкавітатора аналогічні пристроям гідродинамічної дії. Тут вивільнена при сплескуванні кавітаційних бульбашок енергія призводить до різкого розширення клітин мікроорганізмів і розриву їх мембран, тобто до руйнування оболонок мікроорганізмів, внаслідок чого забруднена вода очищується від біологічного забруднення.

Поряд з тим, як відомо, сплескування кавітаційних бульбашок активізує окисні реакції в рідині, що додатково сприяє очищенню забрудненої води, підвищуючи її фізико-хімічні показники.

Висновки. Отже, завдяки тому, що ефекти, які супроводжують кавітацію, також впливають і на оброблюване середовище, змінюючи його фізико-хімічні властивості, крім біологічного знезараження води появляється і можливість її додаткового очищення, що є важливим для процесів водопідготовки. Практично виникає можливість технологічно цілеспрямовано і ефективно використовувати кавітаційну дію у виробничих процесах.

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ОЛІЙ

А. О. Мараховська, В. В. Дячок, С. Б. Мараховська

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Охорона гідросфери та збереження рівноваги в цілому в біосфері – важлива задача. Через порушення екологічної рівноваги спостерігається загроза значного погіршення становища водоймищ. Зараз в Україні є значні труднощі з забезпеченням природними ресурсами, зокрема свіжою водою. Виснаження водних ресурсів в результаті втрати їх якості є більшою загрозою ніж їх кількісне виснаження. Значну екологічну небезпеку створює забруднення поверхневих вод органічними речовинами, що містять розчинені органічні речовини або суспензії органічного походження, зокрема і стічні води виробництв харчової олії. Забруднення викликає зміну характеру середовища й властивостей його компонентів, сприяє зниженню кисню у воді, осідаючи на дно водойм шкідливо впливає на розвиток живих організмів. Для багатьох підприємств цієї галузі постають проблеми не тільки правильного очищення стічних вод, а і пошуку ефективних і надійних в експлуатації очисних споруд, які гарантують стабільну високу якість очищення.

Досліджувана стічна вода виробництва харчових олій- це мікрогетерогенна система, яку можна кваліфікувати, як емульсію (Рис. 1, А). Експериментальними дослідженнями було встановлено, що це є стійка емульсія першого виду – емульсія олії у воді. Хроматографічні дослідження ідентифікували в складі досліджуваного водно-емульсійного розчину наявність фосфоліпідів, які є супутніми речовина харчових олій. Кількість їх в олії змінюється залежно від технології отримання харчових олій. Це дає підстави припускати, що роль емульгаторів в цій системі виконують фосфоліпіди, сполуки дифільної будови, в яких в основі полярної частини є амоній – катіон. Процес руйнування емульсії з такою будовою дисперсних фаз набагато складніший за процес їх утворення і стає складовою частиною процесу очищення стічних вод виробництва харчових олій, пошуку ефективних методів руйнування останніх. В нашому випадку застосування хімічного методу та пероксиду водню, як реагенту, змінило природу емульсії та спричинило окислення полярної частини молекули фосфоліпідів і руйнування їх поверхневої активності, що в кінцевому результаті призвело до руйнування емульсії в цілому. Після завершення хімічної реакції отримали прості та безпечні сполуки. В кінцевому результаті спостерігалось утворення двох шарів «вода – олія» (Рис. 1, Б) та подальше їх розділення (Рис. 1, В).

Після руйнування емульсії для подальшого вилучення забруднювачів із стічної води, на основі ретельного аналізу фізико-хімічних методів очищення, дійшли висновку, що найдоцільнішим є рідинна екстракція, яка суттєво зменшує рівень забруднення стічних вод виробництва рослинних олій. Для цього було досліджено статику та кінетику рідинно-

екстракційного очищення стічних вод виробництва харчових олій: встановлено суміш органічних розчинників (етилацетат та спирти) для селективного вилучення основних забрудників стічної води. Отримано лінії рівноваги та робочі лінії процесу рідинно-екстракційного очищення даної стічної води. Встановлено кількість ступеней переносу для досягнення заданого ступеня очищення при використанні досліджуваних видів екстрагентів. Охарактеризовано закономірності масопереносу основних забрудників із однієї рідкої фази в іншу.

Проте завжди залишаються слідові кількості екстрагенту та стають новим забруднювачем, тому необхідно видаляти екстрагент із умовно очищеної води. Тому для кінцевого вирішення проблеми доцільно застосовувати адсорбційне доочищення одержаного рафінату від залишкового вмісту органічних забруднювачів та екстрагенту. Адсорбційний метод – це висока ефективність, можливість очищення стічних вод, що містять кілька речовин, а також рекуперації цих речовин. Досліджено статистику сорбції активованим вугіллям основних забруднювачів стічних вод підприємств виробництва рослинних олій, встановлено ізотерми адсорбції та описано їх рівнянням Ленгмюра та Фрейндліха.

Поєднання рідинної екстракції з адсорбцією для очищення стічних вод виробництва харчових олій також необхідно проводити з метою скорочення витрат екстрагенту, не завжди є доцільним досягати високої ефективності очищення стічної води екстракційним очищенням. За таких обставин ступінь очищення стічних вод відповідає санітарно-гігієнічним нормам.

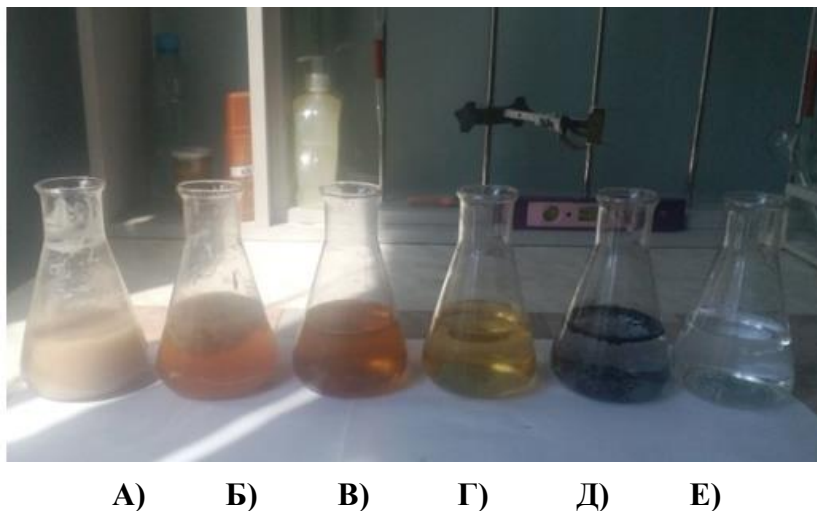


Рис. 1. Очищення стічної води виробництва харчових олій:
А) – емульсія (ХПК понад 25 гО/дм³); Б) – після хімічного руйнування;
В) – після фільтрування (ХПК складає 12 гО/дм³); Г) – після рідинної екстракції;
Д) – очищення активованим вугіллям; Е) стічна вода після очищення
(ХПК складає 250 мгО/дм³).

ЗАСТОСУВАННЯ ВОЛОКНИСТОГО НОСІЯ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ЗАВОДУ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

О. Ф. Рильський¹, К. О. Домбровський¹, П. І. Гвоздяк²

¹Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна

²Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАНУ, Київ, Україна

Ефективність комплексного використання волокнистого носія типу «ВІЯ» в доочищенні промислових стічних вод перевіряли в умовах гідроспороди (відстійника-шламонакопичувача промислових стічних вод балки Капустянка), що відноситься до комплексу позамайданчикowego шламовидалення заводу ПАТ «Запоріжсталь».

Досліджений накопичувач, ємністю 10,5 млн. м³, запроектований харківським «Водоканалпроектом» (Україна). Скид до нього промислових стічних вод і шламів складає 1,1 млн. т/рік, термін служби – 25 років, площа шламонакопичувача – 135 га, експлуатується шламонакопичувач з 1958 р. До накопичувача передбачено скид промислових стічних вод і шламів ПАТ «Запоріжсталь» (шламів мокрих газоочисток аглофабрики, доменних, мартенівських печей, машин розливу чавуну, стоків ТЕЦ, обводненої окалини прокатних цехів, цеха виливниць, відпрацьованих емульсій та ін.). Крім стічних вод ПАТ «Запоріжсталь» у шламонакопичувач надходять стічні води від ряду підприємств міста.

Для забезпечення інтенсифікації біологічного очищення стічних вод шламонакопичувача на поверхні штучної водойми було встановлено три плотика із волокнистим носієм типу «ВІЯ». Плотики з волокнистим носієм розміщувались у гідроспоруді таким чином, щоб волокнистий носій безперервно знаходився у поверхневому шарі води, накопичуючи іммобілізовану (прикріплену) мікрофауну гідробіонтів упродовж липня-серпня 2018 року.

Первинну іммобілізацію мікроорганізмів та інших гідробіонтів на волокнистий носій проводили на зливових очисних спорудах ЗОС № 54 заводу АТ «Мотор Січ», де протягом 2-х років відбувалася природня селекція іммобілізованих бактерій-деструкторів нафтопродуктів. Потім волокнистий носій з іммобілізованими організмами вилучали із очисної споруди моторобудівного заводу та транспортували до гідроспороди, де і розміщували його біля встановлених плотиків із насадкою типу «ВІЯ».

Хімічний склад та фізичні властивості води промислових стічних вод шламонакопичувача коливались у певних межах, мг/дм³: залізо загальне 0,61-0,91; нафтопродукти – 0,193-0,214; органічні забруднення за біохімічним споживанням кисню (БСК₅) – 4,20-4,30 та за хімічним споживанням кисню (ХСК) – 32,40-33,20; водневий показник (рН) – 7,54-8,10; загальна кількість зважених речовин – 8,7-11,0. Показники розчиненого кисню та окисно-

відновлювального потенціалу (ОВП) стічної води коливались у межах 3,7-5,7 мгО₂/дм³ та від +170 мВ до +286 мВ, відповідно. Температура води промислових стічних вод коливалась від 25,0 °С до 27,5 °С.

За результатами бактеріологічних показників встановлено, що загальна чисельність мікроорганізмів на волокнистому носіїві була високою. Бактеріологічні показники стічної води гідроспороди варіювали у більш широких межах. Так, на початку серпня, загальна чисельність мікроорганізмів стічної води становила $513,333 \cdot 10^6$ кл/мл, а у першій декаді серпня вона зменшилася в 9 разів та становила $56,500 \cdot 10^6$ кл/мл. Також слід зазначити, що за середніми показниками загальна чисельність мікроорганізмів на волокнистому носіїві в 2,3 рази була вищою, ніж у стічній воді шламонакопичувача за весь період досліджень. Переважна більшість бактерій віднесена до родів *Arthrobacter* і *Bacillus*.

Дослідження перифітону волокнистого носія «ВІЯ» показали, що на 19, 23 добу експозиції видове різноманіття та чисельність угруповання були високими, потім на 40 день експозиції видовий склад перифітону знижується з 15 до 5 видів. Також суттєво зменшилась й чисельність перифітону волокнистого носія, майже в 3 рази. Так, чисельність коловерток та олігохет зооценозу зменшилась у порівнянні із початковими показниками майже в 25 та в 3 рази, відповідно, а чисельність нематод навпаки збільшилась у 3,3 рази.

Зменшення якісних та кількісних характеристик перифітону носія «ВІЯ» можна пояснити тим, що при розміщенні «плотиків» із волокнистим носієм в умовах підвищеного потоку стічної води (значної течії), мікроскопічні волокна капронового носія (діаметром 3 мкм) швидко забиваються дрібнодисперсною пульпою шламонакопичувача, внаслідок постійної роботи земснарядів.

В цілому при дослідженні перифітону волокнистого носія «плотиків» шламонакопичувача упродовж літнього періоду нами було виділено домінуючий комплекс (масові види) перифітону. До масових видів перифітону належить 4 види та форми, які представлені коловертками (2 таксони) – *Macrotrachela quadricornifera* Milne та *Rotaria rotatoria rotatoria* (Pallas), інфузоріями – *Aspidisca cicada* (Muller) та олігохетами – *Chaetogaster setosus* Svetlov.

Результати досліджень протягом двох місяців показали, що на волокнистому носіїві «плотиків» шламонакопичувача комбінату «Запоріжсталь» відбувається процес іммобілізації бактеріальної біоти та організмів перифітону, що дає можливість проведення подальших досліджень щодо з'ясування питання біологічного доочищення промислових стічних вод від нафтопродуктів. Це підтверджується проведеними бактеріологічними та гідробіологічними дослідженнями.

А ХТО ЩО ЗНАЄ ПРО БІОХІМІЮ ВОДИ, ПРО БІОТЕХНОЛОГІЮ ВОДИ?

П. І. Гвоздяк

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, Київ

Усі знають, що **біохімія** – це наука про хімічний склад організмів.

Усім відомо про те, що **організми** за масою на 60 і більше відсотків, а за числом молекул – на понад 99 % складаються з води.

Усі знають, що **біохімія вивчає хімічні реакції**, які відбуваються в організмі.

Усім відомо про те, що в переважній більшості **хімічних реакцій** в організмі **бере участь** (поглинається або утворюється) **вода**.

Усі знають, що **біохімія досліджує роль** окремих органічних і **неорганічних речовин** у житті організмів.

Усім відомо про те, що одна з **неорганічних речовин** – **вода** – **відіграє** чи не **чільну роль** у житті організмів.

А проте, хто що знає про **біохімію води**?

Усі знають, що **біотехнологія** займається **біосинтезом корисних** для Людини **речовин**.

Усім відомо про те, що **однією з найважливіших** для Людини **речовин** є **вода**.

А проте, хто що чув про **біотехнологію води**?

Про «біотехнологію води» було анонсовано в знаменитій актовій залі Львівської політехніки рівно 15 літ тому у жовтні 2004 року на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біотехнологія. Освіта. Наука.», а про «біохімію води» – 2006 року в журналі «Вісник Національної академії наук України». Цьогоріч у Видавничому домі Києво-Могилянської академії вийшла друком невеличка (кишенькова) автомонографія, яка так і називається «Біохімія води. Біотехнологія води».

Біохімія води – це наука про хімічні перетворення (розклад-синтез) молекул води в живих організмах; про **роль води в енергетичних** (секреції, транспорті, рухливості, діленні тощо), **метаболітичних** (асиміляції, дисиміляції) та **інформаційних** (одержанні, засвоєнні, створенні, накопиченні, відтворенні, передачі знань) **проявах життєдіяльності**; про **участь води** у формуванні просторової структури (**конформації**) життєво важливих молекул; про **забезпечення водою** нелінійних **електрокінетичних явищ**, що керують перебігом усіх біохімічних реакцій в організмі; про **біохімічне відновлення якості води** в біосфері та ноосфері.

Біохімія води покликана досліджувати наступні проблеми:

- біосинтез молекул води;
- біодеструкцію молекул води;
- забезпечення конформації біополімерів водою;
- структурування води біологічними поверхнями та макромолекулами;
- пов'язані з водою електростатичні та нелінійні електрокінетичні явища;
- біохімічні енергетичні, метаболітичні та інформаційні процеси за участі води;
- ймовірний інформаційний вплив біоти на воду;
- забруднення води біологічними об'єктами;
- біохімічне очищення води.

Біотехнологія води – сукупність промислових біологічних методів біосинтезу і структурування води; очищення води, використаної у побуті, промисловості, сільському господарстві, та відновлення і постійної підтримки одвічної чистоти води в природних водних басейнах, з метою уникнення загальної екогідрокатастрофи та перманентного і надійного забезпечення людей фізіологічно корисною, питною водою.

Першим і абсолютно необхідним, обов'язковим етапом підготовки питної води є індустріальне – фізичне і/або хімічне, і/або фізико-хімічне та неодмінно біохімічне – **очищення** (і аж ніяк не «водовідведення»!) стічних, зливових вод. Тільки після ретельної реконвалесценції такої технологічно очищеної води у природних відкритих поверхневих водоймах з водою першої категорії якості вона може слугувати джерелом водопостачання, і в результаті повільного проціджування її крізь зернисті завантаження (бажано з іммобілізованими на них пробіотичними мікроорганізмами) ця вода стає чистою, фізіологічно повноцінною, корисною людям, тобто питною водою.

Тільки той народ має майбутнє, який навчиться відновлювати якість зужитої води і не лінуватиметься це постійно робити.

На жаль, в Україні (та й у всьому світі) поки що немає ВУЗ'у з Кафедрою біохімії та біотехнології води, як і академічного чи іншого науково-дослідного інституту з аналогічним відділом чи лабораторією. І вчитися цій архіважливій справі ніде. Тому пропоную, не гаючись, створити відповідну кафедру на одному з хімічних факультетів «Львівської політехніки», відродивши і обновивши таким чином давню (ще післявоєнну) спеціальність, що іменувалася тоді «інженер-технолог бродильних виробництв», з сучасною назвою *«інженер-біотехнолог води»*.

УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

І. Б. Засідко¹, М. С. Полутренко², О. М. Мандрик²

¹Державне агентство водних ресурсів України,

вул. Академіка Сахарова, 23 а, м. Івано-Франківськ, 76014, Україна

²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

вул. Карпатська, 15 а, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

На очисних спорудах комунальних підприємств утворюються осади стічних вод (ОСВ), кількість і накопичення яких на мулових майданчиках з року в рік зростає.

Діючі мулові майданчики для зневоднення осадів часто не мають гідроізоляції і є джерелом забруднення ґрунтових вод та повітряного басейну. Особливо небезпечним є забруднення ґрунтових вод важкими металами, які, в результаті неефективної очистки стічних вод, присутні в складі ОСВ і є токсичними забруднювачами з кумулятивною дією. ОСВ створюють небезпеку горизонтальної і вертикальної міграції важких металів у навколишньому середовищі. Концентрація шкідливих газів, які виділяються осадами, та забруднюючих речовин, що попадають у воду, перевищує гранично допустимі значення. З огляду на це, осади міських стічних вод є небезпечними у санітарно-гігієнічному і екологічному відношеннях.

Отже, актуальною проблемою є утилізація ОСВ з метою вилучення їх з систем «осад – ґрунт – рослини» та «осад – повітря».

Кількість ОСВ в Україні на даний час перевищила 5 млрд. т., до яких кожного року додається ще 3 млн. т. нових осадів. Для зберігання ОСВ із господарського обороту вилучено близько 10 тис. га, відсутність процесу утилізації ОСВ призводить до відчуження все нових ділянок землі під площадки складування і з кожним роком потреба у нових територіях все зростає.

Основними напрямками утилізації ОСВ є дорожнє будівництво, сільське господарство та методи прямого спалювання.

Набув значного поширення метод утилізації осадів стічних вод – застосування їх як наповнювача в асфальтобетон та в підстилаючий шар дорожнього покриття. При приготуванні асфальтобетонної суміші мінеральний порошок замінюють наповнювачем з висушеного осаду стічних вод. Проте, тільки незначна частина осадів утилізується, оскільки ОСВ є багатокомпонентними відходами і для їх перетворення у якісну вторинну сировину необхідні додаткові технологічні операції, що можуть ускладнювати процес утилізації. Наявність в складі ОСВ важких металів, вміст яких перевищує фонові значення у природних об'єктах перешкоджає їх використанню в сільському господарстві як мінеральних добрив.

При прямому спалюванні викиди в атмосферу містять шкідливі домішки, які призводять до забруднення навколишнього середовища.

Прогресивнішим методом утилізації ОСВ є термічний піроліз, в процесі розкладу органічного матеріалу без доступу кисню утворюється горючий газ, а оксиди металів залишаються в камері газифікації і їх можна використовувати як мінеральний наповнювач. Окрім того, викиди в атмосферу не містять шкідливих домішок, оскільки піролізу піддаються тільки органічні складові ОСВ.

Для встановлення можливості утилізації ОСВ у виробництві цегли осад, перед введенням в керамічну масу, проходили попередню обробку шляхом зневоднення, подрібнення, а потім їх піддавали піролізу – прокалювали в безкисневому середовищі при температурі 600-700°C.

Оксиди металів, отримані після піролізу ОСВ, були використані нами як модифікуюча добавка при виготовленні цегли повнотілої рядової.

Для формування цегли і дослідження її властивостей використовували шихту з помірно пластичної жовтої глини, середньо пластичної сірої глини та аргіліту. Сировину подрібнювали, змішували і зволожували до формувальної вологості. В масу вводили модифікуючу добавку, отриману шляхом термічного піролізу ОСВ. Кількість модифікуючої добавки становила 1 % – 6 %, 10 %, 15 %, 20 % і 30 % від маси зразка. Лабораторні зразки формувалися в металічних формах розміром 50x50x15 мм за допомогою дерев'яного молотка. Сформовані зразки залишали для висушування на повітрі протягом 5 діб, а потім випалювали при температурі 950°C.

При визначенні фізико-механічних показників цегли насамперед визначали водопоглинання зразків, оскільки збільшення водопоглинання приведе до зменшення морозостійкості. Для подальших досліджень вибрали зразки з водопоглинанням 11 % – 13 % і їх досліджено на пористість та щільність.

Проведено порівняльні дослідження фізико-механічних властивостей лабораторних зразків з модифікуючою добавкою із властивостями цегли, виготовленої за технологічним регламентом підприємства Івано-Франківське ПАТ «Будівельні матеріали».

Встановлено, що оптимальний вміст добавки становить 5 % від маси цегли.

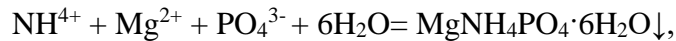
При цьому пористість цегли збільшилася на 4,0 %, щільність знизилася на 5,0 %, теплопровідність зменшилася на 3,2 %, міцність при стиску відповідає марці М 125. Експериментальні дослідження проведені на Івано-Франківському ПАТ «Будівельні матеріали». Результати досліджень підтверджено актом випробувань. Використання ОСВ при отриманні цегли вирішує екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища та розширює сировинну базу для керамічних матеріалів.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНОГО СТРУВІТУ В ЯКОСТІ КОНЦЕНТРОВАНОГО ДОБРИВА

А. С. Булат, Н. М. Пасіхова, К. П. Лялюк, Т. М. Дабіжук, Г. В. Сакалова

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (Україна)

В останні роки для очищення стічних вод від присутності в них фосфору та азоту найбільш широкого застосування набув метод хімічного осадження. В ряді робіт [1, 2] показано, що сполуки амонію та ортофосфатів зі стічних вод можна осаджувати у вигляді магній амонійфосфату (МАФ), який викристалізовується, у вигляді кристалогідрату, що відповідає за властивостями і хімічним складом біогенному мінералу струвіту – $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. Із розчинів МАФ викристалізовується у вигляді пірамідальних та слюдоподібних кристалів і утворюється відповідно до реакції:



а тому дану сполуку можна називати синтетичним (антропогенним) струвітом.

Струвіт може використовуватись як концентроване добриво, яке одночасно містить три поживні елементи. За рахунок присутності в ньому азоту у водонерозчинній формі воно відзначається тривалістю дії.

З метою визначення ефективності використання отриманого добрива, та розроблення рекомендацій щодо застосування струвіту проведені дослідження на відповідних біологічних об'єктах. Ефективність дії синтетичного струвіту визначали за такими показниками як: вплив на схожість насіння редиски *Raphanussativus* var. *sativus* сорту Сакса, виробник: Україна, та енергію проростання.

Середні показники схожості та енергії проростання насіння рахували достовірними, якщо відхилення у всіх трьох пробах виявлялися в межах $\pm 2\%$ при середньої схожості від 98 до 100 %; $\pm 3\%$ — 95-97,9 %; $\pm 4\%$ — 90-94 %; та $\pm 5\%$ при 85-89,9 %.

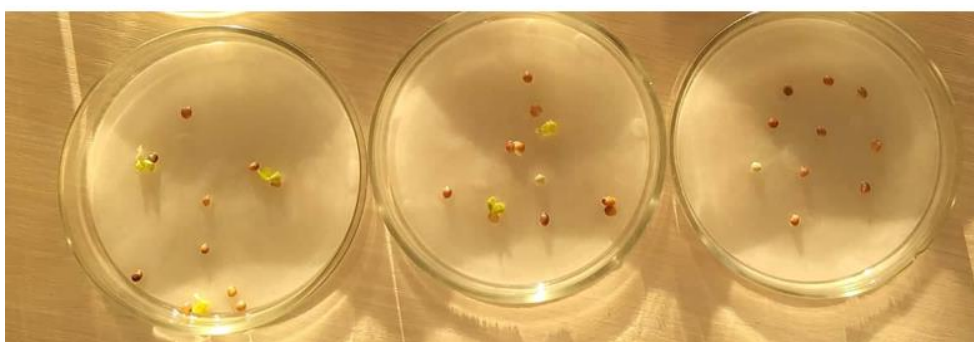
У зв'язку з тим що у синтетичному струвіті фосфор міститься в лимонно-розчинній формі, а тому пророщування насіння здійснювали у воді та у 1%-му та 2%-му розчинах лимонної кислоти з відповідною концентрацією МАФ 0,25 і 0,7 г/л. Концентрація синтетичного струвіту брала з урахуванням складу поживних розчинів Еліса та Геріка. Контролем слугувала дистильована вода. Щодня велись підрахунки кількості пророслого насіння в кожному варіанті досліджу.

В результаті п'ятиденного пророщування насіння редиски встановили, що на водному розчині струвіту все насіння 100% проросло уже на другий день експерименту. У варіанті з 2%-м розчином лимонної кислоти енергія проростання і схожість складала всього 30% від

найкращих варіантів. Схожість насіння у варіантах з розчином лимонної кислоти концентрацією 1% складала майже 80%. Варіант з 0,25 г/л розчином МАФ по енергії проростання відставав від зразків на воді, проте за схожістю зрівнявся з ними в останній день вимірювань. Показники енергії проростання насіння редиски у варіанті з розчином МАФ 0,7 г/л були вищими у порівнянні з 1% розчином лимонної кислоти без струвіту, проте нижчими у порівнянні з варіантом 0,25 г/л МАФ і 1%-ий розчин лимонної кислоти.



а) контроль



б) 2% розчин лимонної кислоти

Рисунок 1. Проростання насіння редиски на 3-й день після початку дослідження

Енергія проростання і схожість насіння редиски, замоченого на кислих розчинах були значно менші у порівнянні з контролем і водних розчинах струвіту, що вказує на низьку ефективність використання струвіту на кислих ґрунтах.

Таким чином, застосування азотовмісного добрива, отриманого з концентрату іонного обміну, є ефективним на сільськогосподарських культурах. Схожість насіння редиски *Raphanussativus* var. *sativus* сорту Сакса є кращим при застосуванні струвіту і швидшим, що дозволяє рекомендувати внесення цього добрива на початкових стадіях вирощування. Дослідження показали відсутність необхідності додаткового підкислення середовища, що також ставить під сумнів ефективність використання струвіту на кислих ґрунтах.

Визначена необхідність подальших досліджень по встановленню ефективності струвіту за впливом на урожайність сільськогосподарських культур, а також екотоксикологічної характеристики отриманого добрива.

АДСОРБЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ ХРОМУ (III) БЕНТОНІТОВИМИ ГЛИНАМИ

Є. Д. Ткачук, Н. М. Цапура, В. В. Григоренко, Г. В. Сакалова, Т. М. Василінич

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (Україна)

Мета роботи полягає у дослідженні процесу очищення стічних вод від іонів Хрому (III) адсорбцією на природних сорбентах. Дослідження процесу адсорбції здійснювали в адсорбційній колоні з нерухомим шаром адсорбенту. Для досліджень використано бентоніт (тип 2:1) з Черкаського родовища бентонітових та палигорськітових глин. Процес підготовки бентоніту складався з кількох етапів. Сировину подрібнювали і просушували в сушильній камері при температурі 120°C протягом 45хвилин. Після чого глину перетирали та розділяли на відповідні фракції. Очищення води проводилося на лабораторній адсорбційній колоні, яка має діаметр 35 мм та висоту 300 мм, при використанні бентонітової глини. Підготовлену глину засипали у колону. Загальна маса сорбенту в адсорбційній колоні склала 15 ÷ 25 г. Об'єм сорбенту в колонці становив 21,6 мл та 29 мл відповідно при масі сорбенту 15 і 20 г. Пропускали розчини з вмістом іонів Cr³⁺ заданої концентрації через колону. Під час сорбції відбиралися проби через кожні 10 мл, концентрацію іонів Cr³⁺ в розчині визначали титриметричним методом.

Для встановлення діапазону режимних параметрів, за якими необхідно проводити детальне дослідження процесів адсорбції, була виконана серія попередніх експериментів, що дало можливість зробити такі попередні висновки:

1. коливання температури від +10 до +30°C не виявляє помітного впливу на ступінь адсорбції іонів Cr³⁺ бентонітом;

2. оптимальним є масове співвідношення твердої та рідкої фази 1:14÷20; при більшому розведенні знижується кількість адсорбованого Cr³⁺, а менше співвідношення Т : Р, незважаючи на покращення результатів адсорбції, є нераціональним, оскільки вже при Т : Р= 1:9 спостерігається сильне загустіння пульпи, внаслідок чого ускладнюються процеси подальшої фільтрації;

3. інтервал досліджених концентрацій (0,5-2,0 г/дм³) іонів хрому було обрано, виходячи із практичних міркувань відповідно до можливого вмісту катіону Cr³⁺ реальних стоках;

4. попередньо встановлено, що повне насичення бентонітової глини іонами Cr³⁺ досягається при шарі адсорбенту 15÷20г, та швидкості прокачування Cr³⁺мл/с за 12÷18 год.

Як свідчать результати експерименту, максимальне поглинання іонів хрому (III) відбувається при шарі сорбенту 20г початковій концентрації іонів хрому 1,0 г/дм³ та

становить в середньому 77,45%. Ефективність адсорбції зростає при збільшенні шару адсорбенту, що можна пояснити розвитком активної сорбційної поверхні. Найбільший ефективний об'єм при прокачуванні модельного розчину через шар сорбенту в 15 г становить 8,32, а при пропусканні 300 мл через 20 г сорбенту – 10,34. Ці значення в обох випадках спостерігаються для модельних розчинів з концентрацією іону важкого металу 1г/л, а це дозволяє стверджувати, що застосування бентоніту як адсорбенту для видалення іонів хрому з водних розчинів доцільне і ефективне у процесах доочищення. Також із збільшенням початкової концентрації іонів хрому в межах значень експерименту збільшується час появи перших слідів забрудника на виході із колони, а час до проскоку у всіх випадках швидко настає при концентрації забрудника на виході з колони 0,7г/л.

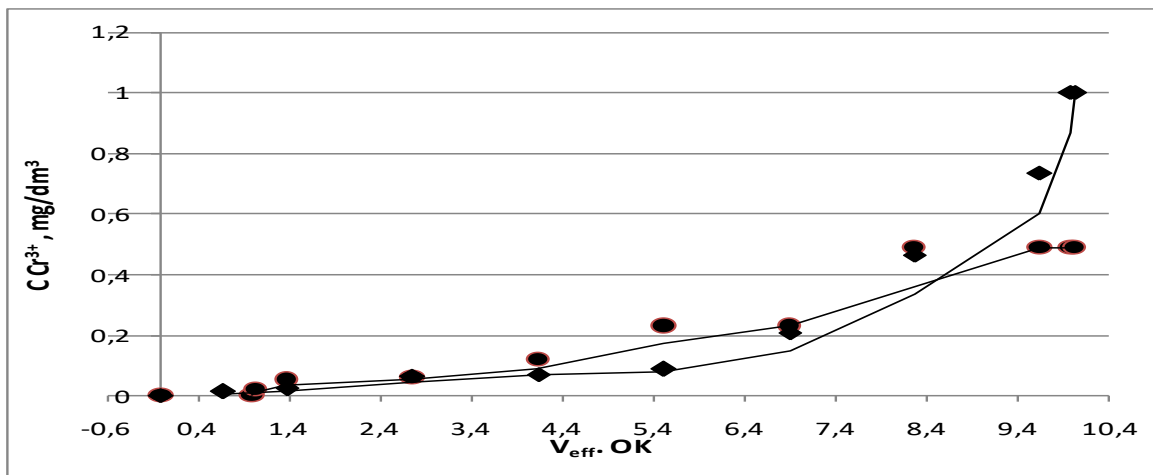


Рисунок 1. Криві насичення бентоніту масою 20 г модельним розчином з вихідною концентрацією Cr^{3+} , г/дм³: ●–0,5;◆–1.

Як показали криві насичення бентоніту іонами хрому при найбільш вдалих варіантах, подані у формі залежності концентрації іону важкого металу на виході з колони (C_{eff}) від об'єму прокачаних розчинів (V_{eff}), концентрація модельного розчину має суттєвий вплив на перебіг процесу насичення.

Виграш у більшій динамічній обмінній ємності є невеликий у порівнянні з різницею між витратами адсорбенту. Перші сліди іонів хрому на виході з колони були детектовані після прокачування 0,68-1,03 ОК модельного розчину через 15г бентоніту, а при використанні 20 г перші сліди визначили в об'ємах 1,5-1,8 ОК, що відповідає різниці у динамічній обмінній ємності $9,59 \div 12,19$.

Проведені дослідження підтвердили перспективність застосування бентонітових глин для очищення стічних вод від іонів Хрому (III) методом адсорбції з нерухомим шаром сорбенту.

ВОДОСХОВИЩА ЯК ЧИННИК ДЕГРАДАЦІЇ СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ

Є. М. Безсонов, О. П. Мітрясова, В. М. Смирнов

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

Природний режим стоку річок в переважній більшості випадків відрізняється значною нерівномірністю і знаходиться у різкому протиріччі з режимом його споживання більшістю галузей народного господарства. З усіх можливих способів задоволення зростаючих потреб людини у воді, найбільш поширеним стало зарегулювання стоку природних поверхневих водотоків водосховищами, у яких затримується стік у багатоводні періоди, акумулюється та використовується у фазі маловоддя річки.

Нині, такий вид водокористування визнано пріоритетним в Україні, з огляду на прийняття Кабінетом Міністрів України «Програми розвитку гідроенергетики на період до 2026 року» у 2016 році та планів нарощування гідроенергетичних потужностей екстенсивним шляхом – збільшуючи об'єми водосховищ. Однак незрозуміло, чому не з'являються аналогічні документи, направлені на наукове обґрунтування та оцінку пропонованих технічних рішень, оскільки Україна визнала і ратифікувала принципи сталого розвитку.

Незважаючи на те, що греблі можуть принести користь суспільству, вони завжди завдають значної шкоди річкам, виснажують рибний промисел, викликають деградацію річкових екосистем і змінюють рекреаційні можливості. Тому, мета проведених досліджень полягала у визначенні змін гідрохімічних, гідрологічних та гідробіологічних показників річки Південний Буг у нижній течії внаслідок зарегулювання басейнового стоку вверх за течією. Фактичні дані для аналізу були надані Центральною геофізичною обсерваторією України, Миколаївським обласним центром з гідрометеорології, Регіональним управлінням водних ресурсів у Миколаївській області, доповнені інформацією з наукової літератури, статистичних звітів Держкомстату України та регіональних доповідей про стан навколишнього середовища.

Так, дослідження взаємозв'язку витрат води та деяких гідрохімічних показників річки Південний Буг дало наступні результати (рис. 1-2). Їх аналіз дозволяє зробити декілька важливих висновків:

- водність річки Південний Буг по-різному впливає на концентрацію розчинених у ній фосфору загального ($r = -0,74$), нітратів ($r = 0,83$), поверхнево активних речовин ($r = 0,56$). Зменшення витрат води, очевидно, інтенсифікує процеси евтрофікації;
- формування нітратного забруднення та ПАР відбувається за рахунок дощового живлення річок, відсутності водоохоронних зон та централізованого збору та належного очищення господарсько-побутових стічних вод з прилеглих населених пунктів.

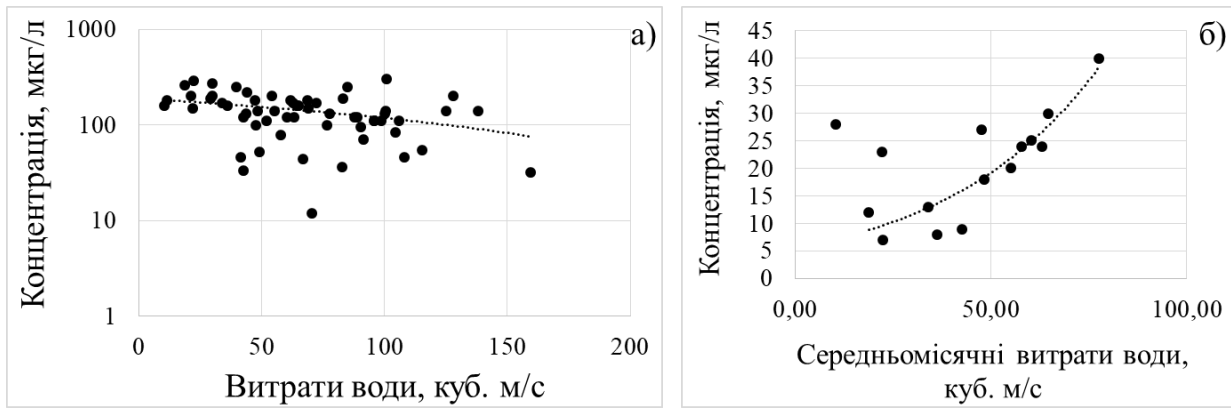


Рис. 1. Залежність концентрації фосфору загального (а) та ПАР (б) від витрат води

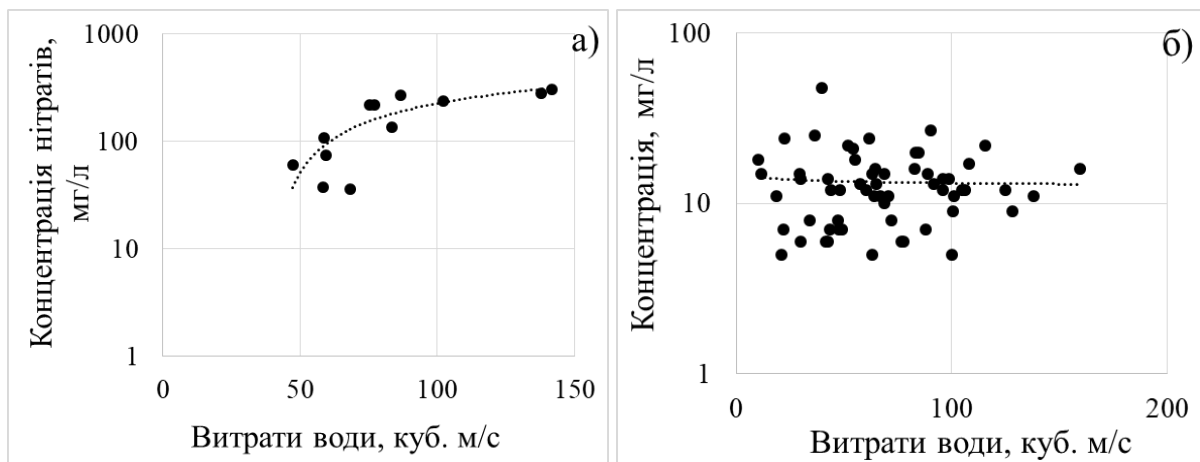


Рис. 2. Залежність концентрації нітратів (а) та нітритів (б) від витрат води

Аналізуючи, власне, закономірності гідрологічного стоку річки Південний Буг, то за допомогою однопараметричного аналізу за критерієм Стюдента зменшення середніх витрат води у нижній течії річки Південний Буг, після спорудження Ташлицького та Олександрівського водосховищ, є статистично достовірним. Зменшення водності річки доведено й використанням методів різницевої інтегральної кривої та регресійного аналізу.

Проте, найбільш показовими, у контексті характеристики загального екологічного стану річки, є показники продуктивності водної екосистеми. Активне зарегулювання стоку Південного Бугу та Дніпра від середини ХХ сторіччя призвело до поступового зменшення видового різноманіття гідробіонтів, чисельності аборигенних видів. Однак найбільш виразно вони прослідковуються у гирлі – Дніпро-Бузькому лимані, де за останні 70 років вилови водних біоресурсів зменшились учетверо.

Статистичний аналіз даних динаміки річкового стоку та кількості виловленої риби (для річки Південний Буг) дозволив встановити сильний кореляційний зв'язок між показниками: $r = 0,78$, достовірність якого складає 99%. Розрахунок сили впливу фактору річкового стоку на показник вилову риби за методом Плохинського склав 69%, а за Снедекором – 79%.

Відтак, зарегулювання стоку шляхом створення водосховищ у масштабі екосистеми є вкрай негативним фактором для її функціонування та формування вторинної продукції.

**ПРОЦЕСИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ МЕМБРАННОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ
ГАЛЬВАНІЧНИХ ХРОМОВМІСНИХ РОЗЧИНІВ**

В. О. Сердюк, С. Б. Большаніна, В. І. Склабінський, К. О. Зайцева

Сумський державний університет, Суми, Україна

З метою зниження надходження в стічні води йонів важких металів та сполук шестивалентного хрому досліджено закономірності електровідновлення йонів Cd^{2+} та Zn^{2+} при їх міграції через катіонообмінну мембрану RALEX®CM-PES 11-66 в процесі електролізу хромовмісних розчинів, що застосовуються в процесах пасивації кадмієвого та цинкового гальванічних покриттів.

Метою дослідження було вивчення закономірностей та підвищення ефективності роботи мембранного електрохімічного пристрою, що здатний регенерувати склад та багаторазово збільшити час експлуатації гальванічних ванн, повторно використовувати продукти електролізу та сприятиме захисту навколишнього середовища.

Для проведення регенерації був виготовлений двокамерний електролізер, що включав анодну і катодну камери, розділені катіонообмінною мембраною із розташованими в них анодом (Pb) з розмірами 50x50x2мм та робочою анодною площею 0,375дм², і катодом (Ti) з розміром 60x20x1мм, та робочою катодною площею 0,18дм². Катодну камеру заповнювали 1% розчином сульфатної кислоти, а анодну – модельним розчином, що імітував склад ванн пасивацій, і містив: натрій дихромат 50 г/л, сульфатну кислоту 10 г/л та домішкові йони Cd^{2+} та Zn^{2+} з концентраціями (моль/л) 0,013; 0,018; 0,022; 0,027; 0,0892. Силу постійного електричного струму підтримували сталою 1,5А. При цьому катодна густина струму складала 8,32 А/дм², а анодна густина струму становила 4 А/дм². Частина мембрани, що брала участь в електролізі мала розміри 50x50мм, робоча площа мембранного обміну складала 0,25дм².

Основним критерієм, що визначає ефективність проходження процесу, є виділення кадмію та цинку у вигляді металів на катоді залежно від концентрацій йонів Cd^{2+} та Zn^{2+} в модельних розчинах анолітів при відсутності, чи наявності примусового перемішування. Для запобігання утворення нерозчинних гідроксидів кадмію та цинку в прикатодному просторі рН католіту постійно підтримувався в межах 1-2.

В результаті проведених досліджень встановлено, що із збільшенням концентрацій йонів металів в хроматних розчинах зростає, як швидкість їх міграції через катіонообмінну мембрану, так і електровідновлення на катоді. Також, досліджували вплив примусового перемішування розчину на досліджуваний процес. З цієї метою було застосовано вертикальну механічну мішалку плоско-лопатевого типу шириною 20 мм, висотою 60 мм та

товщиною 1 мм з частотою обертання $n=2,7$ об/с та швидкістю створеного потоку 54 мм/с. Вивчення закономірностей роботи мембранного електрохімічного пристрою для регенерації гальванічних розчинів показало, що швидкість електрохімічних процесів залежить від концентрації домішкових іонів в розчині та примусового перемішування примембранної зони електроліту. Одержані дані свідчать про нерівномірність виділення металів на катодах внаслідок їх нерівномірного проникнення через мембрану. Це пояснюється природою металів, будовою гідратних оболонок їх йонів та явищем концентраційної поляризації, що виникає на поверхні мембрани.

Примусове перемішування не впливає на процес перенесення йонів Zn^{2+} (концентрація 0,027 моль/л) через катіонообмінну мембрану та осадження металічного цинку на катоді. Процес переносу йонів Cd^{2+} з концентрацією 0,027 моль/л та осадження металічного кадмію збільшується на 52,6% під час примусового перемішування аноліту (Рисунок 1).

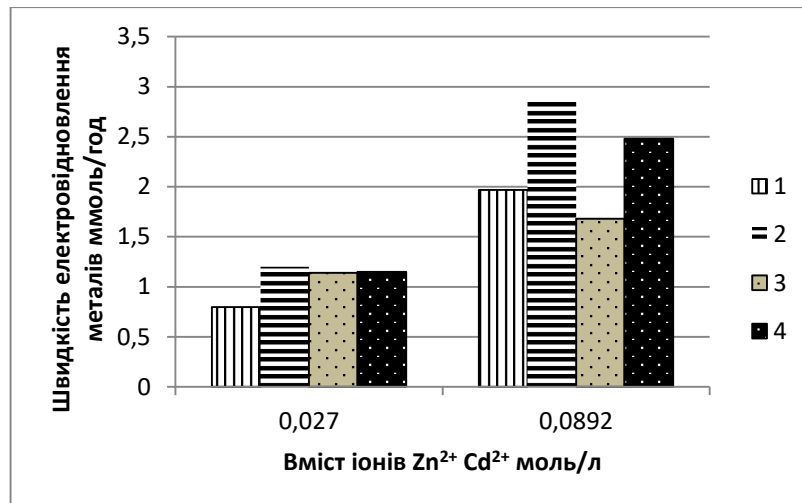


Рисунок 1. Швидкість виділення металів на катоді при різних концентраціях їх йонів в анолітах при наявності, чи відсутності примусового перемішування

- 1 – Cd^{2+} без перемішування; 2 – Cd^{2+} з перемішуванням;
3 – Zn^{2+} без перемішування; 4- Zn^{2+} з перемішуванням.

Застосування механічного перемішування аноліту сприяє підвищенню ефективності процесу, особливо, для розчинів, що містять іони кадмію. Доведено, що при підвищених концентраціях іонів кадмію і цинку в хроматному розчині застосування примусового перемішування приводить до значної інтенсифікації процесу. При цьому, ефективність відновлення металів зростає, в середньому, на 68%.

Вивчення умов, що впливають на ефективність вилучення йонів кадмію та цинку із хромовмісних розчинів дозволяють підтримувати стабільний склад ванн та повністю виключають скидання токсичних речовин, сполук важких металів в стічні води.

**РОЗРОБКА НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ
ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН
ТА КОМПРЕСОРНИХ ОЛИВ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Ю. В. Зеленько, А. Л. Лещинська, М. С. Безовська, О. В. Розгон

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.
Лазаряна, Дніпро, Україна

Необхідною умовою розвитку виробництва на сучасному етапі є створення і освоєння високоефективних технологій, до яких висуваються вимоги щодо ресурсо- та енергозбереження, а також екологічної безпеки.

Залізнична інфраструктура є одним з найбільших споживачів таких цінних матеріальних ресурсів, як нафтопродукти.

З проблемою раціонального використання нафтопродуктів нерозривно пов'язане широке коло питань. Зокрема одним із таких питань є щорічне утворення значної кількості нафто- та оливоміщуючих відходів (відпрацьовані оливи, мастильно-охолоджуючі рідини, замащені ґрунти, мастила, технологічні шлами (нафтошлами) та ін.) та проблеми з їх подальшою утилізацією. Значний відсоток серед них складають відпрацьовані компресорні оливи та мастильно-охолоджуючі рідини.

Екологічно безпечне використання відпрацьованих нафтопродуктів передбачає їх переробку з одержанням товарних продуктів самого різного призначення (палив, олив, пластичних мастил, консерваційних матеріалів та ін.). Аналіз сучасного стану питання говорить про його фактичну невирішеність як в теорії, так і на практиці. Виняток становлять лише деякі процеси переробки та використання.

Утилізація відпрацьованих нафто- та оливоміщуючих відходів є важливою науково-технічною проблемою, оскільки вони належать до категорії небезпечних відходів, що вкрай негативно впливають на усі об'єкти навколишнього середовища – атмосферу, ґрунт і води. Так, забруднення вод відпрацьованими мастильними матеріалами становить 20% від загального техногенного забруднення.

У роботі розглянуті традиційні методи утилізації та відновлення відпрацьованих мастильно-охолоджуючих рідин і відпрацьованих компресорних олив окремих марок. При розробці схеми відновлення експлуатаційної якості нафтовмісних відходів з метою формування та розрахунку запропонованої технологічної схеми, проведено оптимізацію процесу, а саме температури, кількості реагенту та часу його контакту з нафтовмісними відходами. Запропоновані нові технології з використанням поверхнево-активних речовин.

ФЛОТАЦІЙНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД

В. А. Ковальчук

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна

У порівнянні із звичайним відстоюванням флотаційна очистка стічних вод забезпечує вищу ефективність вилучення зависі, жирів, поверхнево-активних речовин, нафтопродуктів і масел, скорочення тривалості процесу, отримання концентрованого флотошламу. Однак, не дивлячись на видиму простоту процесу флотації, донині відсутні моделі процесу та методики розрахунку флотаційних камер, які би дозволяли адекватно визначити показники забруднень стічних вод після флотаційної очистки.

Флотація є складним фізико-хімічним процесом, однак самостійне теоретичне дослідження процесу флотаційної очистки стічних вод майже не проводилося, а замінялося застосуванням основних теоретичних підходів, запозичених із теорії флотаційного збагачення, що може здійснюватися із значними застереженнями. Як слідує із аналізу відомих теоретичних досліджень флотаційного процесу, виконаних багатьма вітчизняними і закордонними дослідниками, розміри частинок і бульбашок мають вирішальний вплив на процес флотації взагалі і на його субпроцеси. Однак врахування лише діаметрів одиночної сферичної частинки і бульбашки не може адекватно описати різноманіття взаємодій великої кількості частинок із бульбашками, які генеруються при флотаційній очистці стічних вод. Встановлено, що дисперсні склади частинок і бульбашок, а також функція пофракційної ефективності флотації є логарифмічно нормально розподіленими. Таким чином, при побудові моделей флотації, окрім інших чинників, мають бути враховані властивості ансамблів частинок і бульбашок, які приймають участь у процесі. Очевидно, що при врахуванні цих групових властивостей, за основу мають бути взяті статистичні методи, що, у поєднанні із імовірнісним характером флотаційного процесу, дає підстави розглядати флотацію як стохастичний процес і на цій основі дослідити його ефективність.

Для флотаційної очистки стічних вод в НУВГП запропонована нова комбінована споруда – відстійник-флотатор, при розробці конструкції якого були враховані переваги і недоліки застосовуваних жиромаслоуловлювачів, відстійників та флотаторів. У виробничих умовах досліджена ефективність роботи відстійників-флотаторів вертикального типу із короткотривалим відстоюванням стічних вод і сумісним висхідним рухом бульбашок повітря і частинок забруднень у зоні флотації. Це дало змогу: – збільшити загальну ефективність вилучення зависі за рахунок попереднього осадження більших частинок, які погано флотуються; – забезпечити максимально ефективний контакт зависі із бульбашками повітря

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

при флотації; – спростити процес видалення шламу і осаду за рахунок влаштування кінцевого дна і відносно малої площі круглих у плані відстійників-флотаторів. Встановлені характеристики пофракційної ефективності флотаційних камер, а також визначальні залежності, а саме між початковою концентрацією завислих речовин і питомою витратою повітря при флотації, навантаженням на поверхню зони флотації за сухою речовиною і залишковими концентраціями завислих речовин і жирів, що дозволило внести зміни в методику розрахунку флотаційних камер і розробити ефективніші схеми їх використання в системах флотаційної очистки стічних.



Відстійник-флотатор
діаметром 7,2 м



Видалення флотошламу з поверхні
відстійника-флотатора

У ході виробничої експлуатації відстійників-флотаторів діаметрами 2,4, 4,0, 6,0 і 7,2 м були встановлені технологічні параметри, а також досліджена ефективність їх роботи. Зокрема, при попередній безреагентній очистці у відстійниках-флотаторах стічних м'ясокомбінатів ефективність вилучення завислих речовин і жирів становила відповідно 35,5-85,8 і 65,6-87,8%, а при очистці стічних вод забійних цехів птахофабрик – 76,8-95,7 і 76,8-93,0%. Середні залишкові концентрації завислих речовин і жирів при цьому склали відповідно 246 і 74 мг/л. Одночасно із видаленням жирів і завислих речовин флотаційна очистка забезпечувала зниження ХПК стічних вод (збовтані проби) на 39,5-76,0% (в середньому на 57,8%), БПК₅ – на 43,7-63,8% (в середньому на 52,8%), БПК_{повн} – на 41,8-74,2% (в середньому на 53,3%), що збільшувало ефективність їх наступної очистки в аеротенках. Експериментально встановлені аналітичні залежності, які дають можливість визначити значення концентрацій в очищених стічних водах завислих речовин, жирів, БПК_{повн}, БПК₅ і ХПК за їх початковими концентраціями.

ЯКІСТЬ ВОДИ В МУНІЦИПАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ВОДОПОСТАЧАННЯ

О. Матвєєва, А. Побийпеч

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

З кожним роком проблема питної води постає все гостріше. За даними спільної від 2017 року доповіді ВОЗ і ЮНІСЕФ троє з десяти осіб в світі (2,1 мільярда осіб) не забезпечені безпечним і легко доступним водопостачанням за місцем проживання. Ще у 2000 році Європарламент випустив директиву про воду, в першому пункті якої зазначається, що вода – це не комерційний продукт, а спільна спадщина, яку потрібно оберігати. 80% захворювань у країнах, що розвиваються, пов'язані з інфікованою водою, що суттєво підвищує рівень смертності населення. Щорічно інфікована питна вода спричинює захворювання до 500 млн. людей.

В межах Європейського союзу з 2018 року починають діяти нові стандарти питної води, які ставлять на меті зробити води водопровідної мережі придатними для пиття.

На сьогоднішній день, найдетальнішу інформацію про якість проточної води в різних країнах збрала Рада з контролю і профілактиці захворювань (CDC). Рекомендації CDC відносно питної води в тій чи іншій країні базуються на загальній статистиці захворювань шлунково-кишкового тракту серед туристів, які, як правило, спричинені неякісною питною водою. Фахівці CDC склали список європейських країн, де безпечно пити водопровідну воду і де робити цього не варто. У перший рейтинг увійшли 30 держав центральної, східної і північної Європи, зокрема: Німеччина, Франція, Великобританія, Швейцарія, Бельгія, Данія, Норвегія, Фінляндія, Швеція і Латвія. А ось пити воду з крана в Україні не рекомендується.

Було проаналізовано способи очищення та придатність до пиття води з муніципальних водопровідних мереж 32 країн світу, які мають відзнаку CDC: найбільш вживаними технологіями очищення води в регіонах, де вода з-під крану придатна до вживання без додаткового очищення чи кип'ятіння, є використання фільтрів на основі активованого вугілля, гравію та піску, озонування, флокуляція, оксидація та обеззаражування ультрафіолетовими лампами. Варто зазначити, що якість водопровідної води вище у тих країн, які частково або повністю відмовились від хлорування.

Спеціалісти різних країн в сфері водопостачання зазначають, що вода з поверхневих джерел, таких як озера, водосховища, річки та інші, потребує використання більшої кількості методів очищення та значно більших ресурсів, ніж вода із підземних джерел. В деяких країнах, зокрема в США та у Новій Зеландії, водопровідна вода зазнає штучного фторування, згідно рекомендації стоматологів.

На пунктах водозабору України використовують такі методи очищення: хлорування (рідким або газоподібним хлором), флокуляція, коагуляція, озонування, механічна фільтрація, тощо. Аналіз відкритої інформації стосовно результатів очищення води на Дніпровській та Деснянській станціях водозабору в м. Києві виявив деякі закономірності їх роботи. Зокрема, якість очищення падає на весні, що може бути викликано як вихідною якістю води в водоймі так і тим, що станції водозабору не оптимізують технологію очищення води згідно природних умов; наявні перевищення нормативних значень мутності в Дарницькому районі м. Києва, що становлять в середньому $0,67\text{мг/дм}^3$; інші показники за даними ПрАТ «АК Київводоканалу» знаходяться в межах нормативних значень. Однак, цей аналіз складно назвати точним через брак офіційної інформації. Так у відкритій базі інформації, щодо якості питної води на контрольних точках розподільчої водопровідної мережі м. Києва відсутня інформація по таким показникам, як загальна жорсткість води, рН, вміст загального заліза, алюмінію тощо, проте, ця інформація наявна в результатах перевірки показників якості води річок Дніпра та Десни та питної води на виході з Дніпровської та Деснянської водопровідних станцій Києва. Цілком очевидно, що якість води на шляху до споживача зазнає погіршення показників її якості за рахунок загального стану забруднення водопровідних мереж, у тому числі і мікробіологічного, експлуатаційний термін яких сягає більше 30 років. Ці показники, як правило, повною мірою визначають якість та необхідність додаткової фільтрації води для забезпечення господарських та особистісних потреб населення.

Варто відзначити, що наразі Дніпровську станцію водоочищення м. Києва вже переводять на метод очищення гіпохлоридом натрію, що відповідає сучасним вимогам забезпечення якості питної води, однак це лише третина територіального водозабезпечення міста. Впровадження же сучасних технологій водоочищення в масштабах країни – техніко-технологічна задача не на один рік.

Висновки. Реалії розвитку сучасного водозабезпечення в Україні роблять необхідним удосконалення існуючих технологій, особливо в аспекті доочищення питної води в місцях водоспоживання. З огляду на це, доцільною є розробка та використання нових фільтруючих матеріалів, а також «альтернативних» методів та способів підготовки питної води, як економічно вигідних та екологічно доцільних.

Цю проблему також може вирішити використання фільтрів на основі природних мінеральних сорбентів до яких відносять: шунгіти, цеоліти, кремній, тощо. Ці мінерали, на відміну від активованого вугілля, гравію та піску, що використовуються зараз, мають довший термін експлуатації та можливість до регенерації і повторного використання у системах очищення води.

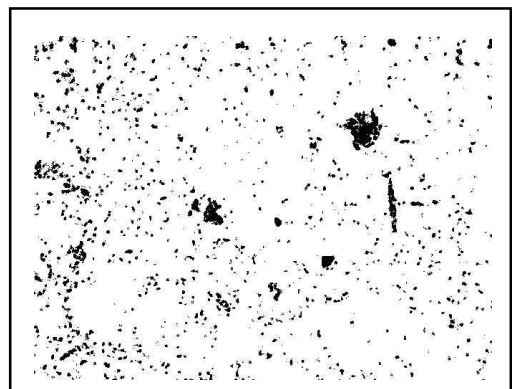
ДИСПЕРСНИЙ СКЛАД МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

В. С. Онисімчук, В. А. Ковальчук

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна

У процесах очищення стічних вод властивості та характеристики окремих частинок відіграють важливу роль у видаленні завислих речовин. Питома поверхня, густина, форма, розмір і ступінь агломерації частинок визначають седиментаційні властивості зависі. На сьогодні існує чимало методів для визначення розмірів частинок. Усі вони дають змогу оцінити їх розмір ґрунтуючись на одній із властивостей частинок, наприклад, здатності розсіювати чи блокувати лазерний промінь, чинити зміну електричного опору отвору, при проходженні через нього, осідати під дією сили тяжіння чи відцентрових сил, розсіювати акустичний сигнал тощо. Виходячи з діапазонів вимірювання цих методів, лише деякі з них можуть використовуватися для визначення розмірів частинок стічних вод. До них відносять: методи розсіювання малокутового лазерного світла, спектроскопії зворотного розсіювання, електронний та світловий лічильники, оптичний та електронний мікроскопи, гравітаційна седиментація. Усі вони мають певні умови виконання для забезпечення високої достовірності їх вимірювань, деякі з них вимагають значних витрат на придбання необхідного обладнання або вимагають значних затрат часу для визначення розмірів частинок, та повинні вибиратися на основі характеристик стічної води та фінансової спроможності. Доступним методом визначення розмірів частинок стічної води є поєднання оптичного мікроскопу з подальшою обробкою оптичних зображень на комп'ютері.

Дослідження дисперсного складу стічних вод за допомогою оптичного мікроскопу полягає в дослідженні зразка стічної води під мікроскопом із подальшим застосуванням системи аналізу оптичних зображень. Дана система включає в себе цифрову камеру Digital Compact Camera OLYMPUS C-60 ZOOM і комп'ютер із пакетом програм на ньому (Фотоконвертер, AutoCAD 2018 та Excel 2016).



Піпеткою відбирається та наноситься на предметне скло близько 0,1мл проби стічної води, яка рівномірно розподіляється та висушується на повітрі. Після чого за допомогою мікроскопу та цифрової камери фотографуються оптичні зображення проби. Для забезпечення достовірності отриманих результатів необхідно зробити не менше 10 фотографій різних оптичних полів одного зразка стічної води. Отримані зображення у

форматі “.jpg” за допомогою програми “Фотоконвертер Стандарт” переводяться у векторні, формату “autocad.dwg”. Після чого за допомогою AutoCAD 2018 та програми написаної мовою DELPHI, підраховується кількість, площа та периметр кожної частинки, яку описує замкнена полілінія. Після визначення еквівалентних діаметрів частинок визначається маса кожної частинки та будуються інтегральні криві дисперсного складу за повними проходами та повними залишками в імовірно-логірифічній системі координат, із метою визначення медіанного діаметра і середньоквадратичного відхилення.

Дослідження дисперсного складу міських стічних вод, за даним методом, проводилися на очисних спорудах у м. Рівне, для стічних вод, які надходять на очисні споруди, а також для стічних вод на вході та виході з первинного відстійника. У результаті було отримано такі характеристики дисперсного складу стічних вод:

1. Стічна вода, яка надходить на очисні споруди: – концентрація завислих речовин 180–250 мг/дм³; – еквівалентні діаметри частинок знаходяться в діапазоні 0,01–74 мкм; – медіанний діаметр частинок в середньому становить 33 мкм; – середнє значення логарифму середньоквадратичного відхилення – 0,55.

2. Стічна вода на вході у первинні відстійники: – концентрація завислих речовин 150–250 мг/дм³; – еквівалентні діаметри частинок знаходяться в діапазоні 0,01–58 мкм; – медіанний діаметр частинок в середньому становить 22 мкм; – середнє значення логарифму середньоквадратичного відхилення – 0,51.

3. Стічна вода, на виході з первинного відстійника: – Концентрація завислих речовин 87–173 мг/дм³; – еквівалентні діаметри частинок знаходяться в діапазоні 0,01–47 мкм; – медіанний діаметр частинок в середньому становить 17 мкм; – Середнє значення логарифму середньоквадратичного відхилення – 0,51.

Отже, у процесі очистки міських стічних вод на спорудах механічної очистки відбувається зменшення медіанного та еквівалентних діаметрів частинок та повне осідання частинок, еквівалентним діаметром більше 47 мкм. Однак, у дослідженнях спостерігалися також і випадки незначного збільшення медіанного та еквівалентних діаметрів частинок при зменшенні концентрації завислих речовин у стічних водах на виході з первинних відстійників, порівняно зі стічними водами на вході в первинні відстійники. Це пов'язане з тим, що в процесі осадження частинки можуть об'єднуватися і таким чином збільшувати свій еквівалентний, а відповідно, і медіанний діаметри, також це може бути пов'язано з виносом частинок більшого діаметра, які не встигли осісти у відстійнику чи недостатнім часом перебування стічних вод на спорудах механічної очистки.

**ВПЛИВ СТИЧНОЇ ВОДИ З ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ
ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО ВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ НА ДОВКІЛЛЯ**

П. В. Босак, В. В. Попович

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Львівсько-Волинський вугільний басейн – у Львівській і Волинській областях України, у західному напрямі продовжується на території Республіки Польща та охоплює площу понад 10 тис. км². Вугільний басейн розташований на північному заході України у верхній течії річки Західний Буг і є південно-східною частиною Люблінського вугільного басейну, що знаходиться на території Республіки Польща. Площа Львівсько-Волинського вугільного басейну – 1400 км², протяжність 190 км, середня ширина приблизно 60 км. Розвиток цієї вугільної бази сприяв поліпшенню паливного балансу Західного регіону України, формуванню нових промислових комплексів, виникненню міських поселень м. Нововолинськ (Волинська область) та м. Червоноград (Львівська область). Запаси вугілля невеликі, тому передбачалося, що у басейні працюватимуть тільки 2 шахти з 15 діючих (станом на 2019 рік діючими є 7 шахт).

Видобуток вугілля супроводжується як використанням питної й технічної води з централізованих і місцевих мереж водопостачання, так і скидами відкачуваних шахтних вод у гідрографічну мережу. Вугільні підприємства не беруть участь у підготовці води питної якості для централізованого водопостачання та задоволення технологічних і господарських потреб, оскільки це питання не входить до сфери їх діяльності. Разом з вугіллям і вмісними породами на поверхню під час видобутку піднімається також велика кількість води, багатой на суспензовану речовину, мінеральні солі, нафтопродукти, солі важких металів, бактеріальні домішки, тощо.

Одним з основних чинників є фактично нерегламентоване попадання високозабруднених дренажних вод з териконів шахт та породних відвалів вугільних шахт в ґрунти, поверхневі, ґрунтові та підземні води. Це зумовлено високим рівнем тектонічної порушеності і тріщинуватості корінних порід; рівнинним характером місцевості, що призводить до сповільненого поверхневого стоку дренажних вод териконів і їх посилену інфільтрацію в підземні водоносні горизонти та ґрунти; високою водопроникністю порід, на яких безпосередньо розташовані шахтні відвали териконів.

Тільки на полях однієї шахти №5 «Великомостівська» внаслідок просадок денної поверхні, пов'язаних із видобутком вугілля без закладки виробленого простору затоплено понад 500 га, у місті Червонограді – понад 170 га. Питна вода із свердловин багатьох

водозаборів та криниць – дуже низької якості, часто вона непридатна для вживання. Ситуація набирає нового звучання, якщо згадати, що територія Львівсько-Волинського вугільного басейну розташована у безпосередній близькості до Головного Європейського вододілу. Тут беруть початок крупні річкові системи басейнів Чорного і Балтійського морів, є прямий вихід річок, зокрема Західного Бугу.

За результатами попереднього оцінювання впливу скидів шахтних вод у річки гірничо-промислових районів Львівсько-Волинського вугільного басейну науковими дослідженнями встановлено, що водні ресурси малих річок складаються понад 40-60% за рахунок скидів шахтних вод групою шахт; при скидах з одиничних шахт частка шахтних вод у річковому стоці може знижуватися до 15-25%; водні ресурси середніх та великих річок на 30-50% складаються за рахунок скидів шахтних вод; у нижній частині течії частка вкладу шахтних вод, як правило, не перевищує 5-10%; при скидах шахтних вод у річки, водотоки відбувається їх природне самоочищення внаслідок постійного перемішування води, насичення її киснем, часткового переходу одночасно (у результаті реакцій окислення) деяких розчинних компонентів у нерозчинні та випадання їх в осад оксиди заліза, карбонати, сульфати, що накопичується в донних відкладах, зменшується також кількість завислих органічних та неорганічних речовин, нафтопродуктів, поверхнево активних та деяких інших, частина з яких розкладається на безпечні компоненти (сполуки), а частина акумулюється в донних відкладах водотоків та водоймищ. У всіх річках вугільних регіонів під час водопілля мінералізація води знижується до 0,2–0,8 г / дм³, а в період межені – підвищується до 2,5–5 г / дм³.

Вирішувати проблеми екології Львівсько-Волинського вуглевидобувного басейну в повному обсязі можна лише на державному рівні та при залученні нових технологічних підходів до вуглевидобувної галузі в цілому. Це можливо при виділенні додаткового фінансування за рахунок фонду охорони природи, залученні приватних та іноземних капіталів, виконанні заходів, що випливають з Державних програм розвитку паливно-енергетичного комплексу України.

Висновок. Отже, однією з найважливіших проблем, що постає перед вугільною промисловістю України є створення ефективних засобів і технологій демінералізації шахтних вод. У зв'язку з цим, необхідно провести комплексне вивчення порід з шахтних териконів, стічних вод з відвалів шахтних порід і стоків побутово-комунальних підприємств, здійснити практичну оцінку всіх різновидів відходів вуглевидобувних і вуглезбагачувальних підприємств як комплексної мінеральної речовини. Оскільки частину шахт у межах Львівсько-Волинського вугільного басейну було ліквідовано, залишилася не вирішеною проблема їх еколого-техногенної небезпеки, а саме відвали шахтних порід.

ОН-ЛАЙН МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ВОДИ У СИСТЕМІ ВОДОПОСТАЧАННЯ

О. Мацієвська

Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

Лабораторні методи аналізу якості води занадто повільні для оперативного реагування на події, що виникають. Виявлення випадків забруднення питної води у режимі реального часу дасть змогу комунальним підприємствам максимально оперативно зреагувати на небезпечну ситуацію та вжити необхідні заходи.

Проект системи он-лайн моніторингу якості води у системі водопостачання населеного пункту передбачає виконання таких робіт:

1. Вибір місця розташування пунктів спостереження

Загальними місцями пунктів спостереження є точки надходження води у розподільну мережу та пункти оперативного контролю (РЧВ, насосні станції тощо). Додаткові пункти спостереження можуть бути розташовані поблизу споживачів значних обсягів води (критичні споживачі), у точках з'єднання мережі, на тупикових ділянках мережі, на ділянках змішування води з різних водозаборів тощо.

2. Вибір показників якості води

Залежно від можливості інструментального забезпечення системи он-лайн моніторингу якості води серед санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води вибирають такі: алюміній, амоній, водневий показник (рН), діоксид вуглецю, діоксид хлору (у випадку обробки води діоксидом хлору під час водопідготовки), загальна лужність, загальна твердість, загальний органічний вуглець, залізо загальне, йод, каламутність, колірність, нітрити (у випадку хлорування з амонізацією), окисно-відновний потенціал, сухий залишок, фториди, хлор залишковий вільний, хлор залишковий зв'язаний (у випадку хлорування з амонізацією), хлорити (у випадку застосування діоксиду хлору під час водопідготовки).

3. Проектування станцій моніторингу якості питної води

Станції моніторингу призначені для автоматичного вимірювання значень показників якості води у розподільній мережі та передачі цих даних у диспетчерський центр комунального підприємства.

Станції моніторингу оснащують:

- комплексом приладів для вимірювання показників якості води (давачі, аналізатори тощо) та допоміжного обладнання для забезпечення контакту приладів з пробєю води;
- системою збору даних і управління станцією;

- системою комунікації (дротовою або бездротовою) для передачі даних зі станції моніторингу до диспетчерського центру та інструкцій (наприклад, з усунення несправностей) від центру до станції;
- системою електрозабезпечення від традиційних або альтернативних джерел енергії. Додатковим обладнанням (автоматичний пробовідбірник, засоби безпеки тощо).

4. Проектування автоматизованої інформаційної системи

Інформаційна система – це комбінація обладнання, програмного забезпечення, інструментів і процесів для збору, обробки та відображення даних моніторингу в умовах реального часу в диспетчерському центрі комунального господарства.

Обробка даних полягає у **перевірці достовірності значень** показників якості води. Недійсні дані виникатимуть внаслідок несправності приладів для вимірювання показників якості води, нерівномірності витрати або коливання тиску в мережі, неправильного обслуговування обладнання тощо. Приклади недійсних даних: значення, які знаходяться за межами діапазону вимірювання приладів; незмінні протягом тривалого періоду значення; коливання значень з фізично неможливою частотою і величиною тощо.

Інший метод перевірки достовірності даних – **виявлення аномалій** – може бути реалізований такими методами: аналіз граничних значень (наприклад, за допомогою системи SCADA, впровадженій на комунальному підприємстві); комплексний аналіз (взаємозв'язок декількох параметрів у межах граничних значень може свідчити про аномалію); за допомогою програмного забезпечення ADS (може бути інтегровано в давачі або встановлюватися в диспетчерському центрі підприємства).

5. Дослідження попередження про небезпеку

Після виявлення аномальних значень показників якості води інформаційна система генерує і досліджує попередження про небезпеку (візуальні, звукові, на електронну пошту, мобільний телефон) доти, поки не буде визначено причини попередження або можливе забруднення води. Це передбачає:

- розроблення методики дослідження: визначення потенційних причин попередження (недійсні та дійсні попередження); покрокова інструкція дослідження попередження; призначення обов'язків для працівників комунального підприємства;
- розроблення інструментів дослідження: контрольні списки, записи попередніх досліджень; довідник; інші джерела інформації тощо;
- підготовку до дослідження попереджень у режимі реального часу: навчання персоналу, робота системи он-лайн моніторингу та персоналу в тестовому режимі.

У подальшому пропонується система може стати основою для створення системи раннього попередження зміни якості води у системі водопостачання населеного пункту.

**АНАЛІЗ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД
У ПРОЦЕСАХ ЇХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Я. М. Гумницький, В. В. Сабадаш

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Потреба у водних ресурсах з кожним роком у світі зростає. Це пов'язано зі збільшенням народонаселення, розвитком промисловості та сільського господарства. Виникає велика кількість комунальних та промислових стічних вод, які потребують очищення чи перед їх скидом у природні водойми, чи перед їх повторним використанням у промисловості. Кожна стічна вода характеризується своїм дисперсним, мінералогічним, біологічним складом і її очищення вимагає часто декількох технологічних операцій. Одним з ефективних методів очищення є застосування фізико-хімічного адсорбційного очищення, яке полягає на використанні твердих сорбентів, що мають здатність поглинати компонентів стічних вод з подальшою їх регенерацією та повторним використанням.

Процеси адсорбції проводяться окремою стадією і для їх проведення використовуються апарати з механічним чи пневматичним перемішуванням адсорбента у водному середовищі або колонні апарати, які дозволяють високоефективне очищення з практично нульовою концентрацією забруднюючого компонента у вихідній воді.

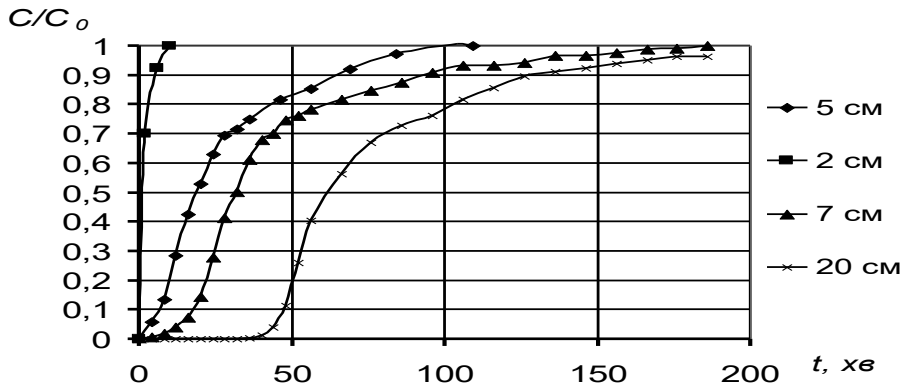
Метод адсорбції найбільш доцільно застосовувати для низьких концентрацій, тоді час роботи адсорбційної колони є достатньо великим і регенерація адсорбента проводиться не часто. Розгляд адсорбції у нерухомому шарі адсорбенту включає ряд закономірностей, які повинні бути враховані під час аналізу процесу, а саме: термодинаміки, статички, кінетики і динаміки. Термодинаміка визначає залежності термодинамічних параметрів у залежності від зміни температури. Процеси адсорбції з рідкого середовища внаслідок швидкого розсіювання незначної кількості тепла вважаються ізотермічними, тому вплив теплових потоків не приймається до уваги. Статичні закономірності встановлюють максимально можливу адсорбційну здатність, у той час кінетика визначає швидкість процесу адсорбції у напрямі досягнення рівноваги і стосується кожного окремо взятого зерна адсорбенту. Найважливішим елементом промислових колонних адсорберів є визначення концентрацій у твердій фазі та рідині (адсорбтиву та адсорбату) не лише у часі, але і по висоті колонного апарату.

Теоретичний опис динаміки адсорбції включає рівноважні залежності, диференціальні рівняння перенесення компонента з початковими та граничними умовами. Рішення такої системи є громіздким з гіперболічними функціями, яким користуватись практично затруднено. Існують наближені методи розрахунку динаміки адсорбції, які дозволяють розраховувати вихідну криву динаміки з метою визначення часу адсорбції до проскоку компоненту, що поглинається. Дані методи вимагають від частинок адсорбенту однакового діаметру та форми, що не завжди справджується у промисловій практиці. Крім цього, кожна

частинка повинна бути ізотропною. На практиці використовуються шари адсорбента різної висоти і завдання полягає у тому, щоб знайти метод переходу від висоти «короткого» шару, який можливо описати алгебраїчною функцією $f'(\tau)$, до будь-якої висоти шару, що є кратною до даної висоти і описується функцією $f''(\tau)$. Перехід виключає операційне перетворення по Лапласу, а перехід до оригіналу здійснюється за допомогою формули Дюамеля. Згідно математичної моделі проводять приблизний розрахунок вихідної кривої використавши для цього попередньо поставлений дослід на шарі малої висоти і одержавши вихідну криву, яку можна апроксимувати експоненціальною залежністю.

Даний метод використано нами під час аналізу вихідних кривих адсорбції іонів міді природним цеолітом за температури $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ у колонці діаметром 0,01м за різних висот шару. Ці дані наведено на рисунку. Для опису шару висотою 0,02м використано експоненціальну залежність

$$\frac{C}{C_0} = 1 - 1,0e^{-24868Fo} \tag{1}$$



Перехід від шару даної висоти до інших висот здійснювався згідно формули

$$\frac{C}{C_0} = 1 - \left[1 - \lambda_1 \cdot \tau + \frac{(\lambda_1 \cdot \tau)^2}{2!} + \dots + \frac{(\lambda_1 \cdot \tau)^3}{3!} \right], \tag{2}$$

де $\lambda = 24868$; Fo – число Фур'є.

Для кратних висот шару сорбента у апараті рішення математичної моделі матиме вигляд;

$$\begin{aligned} 1 \text{ см} & \quad C/C_0 = 1 - ae^{-\lambda Fo} \\ 2 \text{ см} & \quad C/C_0 = 1 - e^{-\lambda Fo} (1 + \lambda Fo) \\ n \text{ см} & \quad C/C_0 = 1 - e^{-\lambda Fo} \left(1 + \lambda Fo + \dots + \frac{(\lambda Fo)^{n-1}}{(n-1)!} \right) \end{aligned} \tag{3}$$

**НОРМУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ МОДУЛІВ ҐРУНТОВОГО СТОКУ
В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ ПРИ ВОДОПОСТАЧАННІ МІСТ**

О. Тодорова, В. Овчарук, М. Гопцій

Одеський державний екологічний університет, Одеса, Україна

Одним із джерел забору води як для централізованого господарсько-питного водопостачання міст, так і для децентралізованого здійснюється з підземних водоносних горизонтів у межах міської зони.

Авторами розроблені науково-методичні рекомендації для розрахунку ґрунтового припливу до річок, використовуючи спрощену схему А.М. Бефані, за якою ґрунтовий стік розраховується як напівсума тридцяти добових мінімальних витрат води (модулів стоку) в період літньої і зимової межени

$$q_{ep} = \frac{Q_{30 \text{ min, з}} + Q_{30 \text{ min, л}}}{2}, \quad (1)$$

де $Q_{30 \text{ min, л}}$ - тридцятидобовий мінімум за період літньої межени; $Q_{30 \text{ min, з}}$ - тридцятидобовий мінімум за період зимової межени.

Стік річок формується під впливом складної взаємодії фізико-географічних факторів, що поділяються на дві групи: кліматичні та фактори підстильної поверхні. До основних кліматичних факторів (зональні фактори) відносяться атмосферні опади, випаровування, температура повітря. До факторів підстильної поверхні відносять інтразональні фактори, які пов'язані із зональними умовами, але змінюються в залежності від зони (рослинність, ґрунти, озерність, заболоченість, густина річкової мережі) та атональні фактори не пов'язані з географічними положенням басейну (площа водозбору, середня висота басейну, довжина річки, звивистість та інші морфометричні характеристики басейну).

Величина модулів стоку річок залежить від географічного положення, гідрогеологічних умов та місцевих чинників (висоти водозбору, залісеності, заболоченості річкових басейнів).

Приступаючи до узагальнення характеристик ґрунтового стоку по території, необхідно проаналізувати вплив кожного з стокоформуєчих факторів.

На рис. 1 показана залежність ґрунтового стоку (q_{ep}) від географічної широти центрів водозборів, на якому спостерігається доволі чітка залежність зі значущим коефіцієнтом кореляції ($r=0,77$). Наявність такої залежності є підставою для узагальнення ґрунтового стоку за допомогою карти. При дослідженні ґрунтового стоку від залісеності та заболоченості

водозборів річок Південного Бугу коефіцієнти кореляції є незначущими, тому у подальших розрахунках їх вплив можна не враховувати.

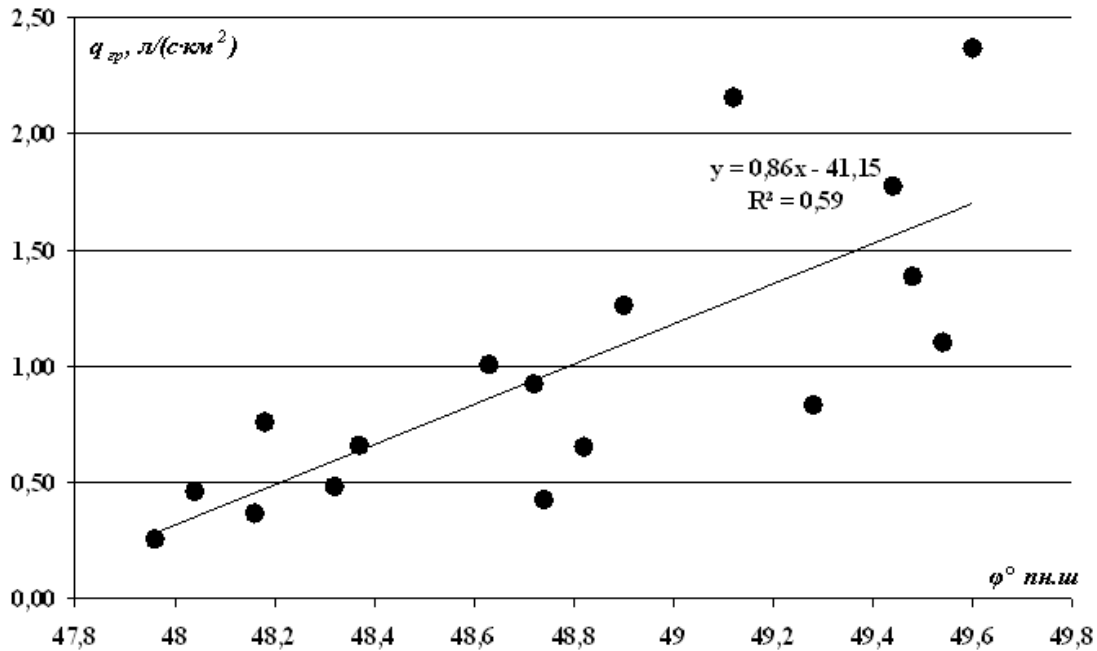


Рисунок 1. Залежність ґрунтового стоку від географічної широти геометричних центрів водозборів річок Південного Бугу

Модулі ґрунтового стоку відносяться до геометричних центрів водозборів, ізолінії проведено через 0,2 л/с·км². В цілому спостерігається збільшення ґрунтового стоку (q_{gp}) у напрямку з південного сходу на північний захід від 0,40 до 2,00 л/(с км²) (рис. 2). Точність розрахунку побудови карти ґрунтового стоку $\Delta = \pm 12,7\%$.

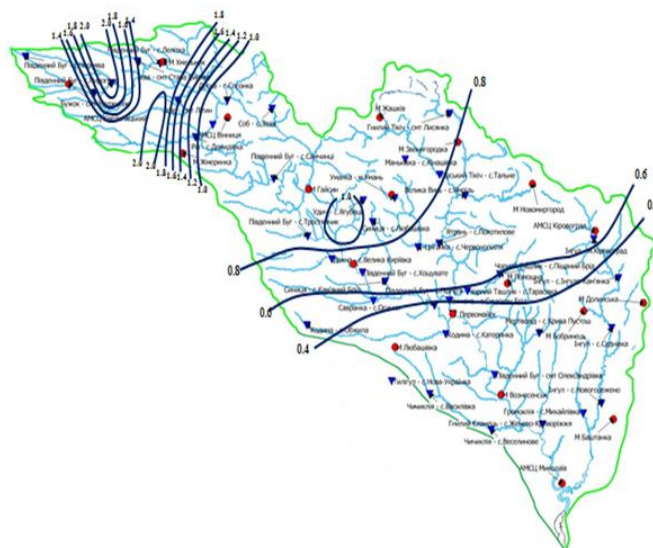


Рисунок 2. Карта-схема розподілу ґрунтового стоку (q_{gp} , л/с км²)

**КОМПОЗИЦІЙНІ ГРАНУЛЬОВАНІ АДСОРБЕНТИ
НА ОСНОВІ ГЛАУКОНІТУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

В. М. Шмандій, Л. А. Безденежних, О. В. Харламова

Національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

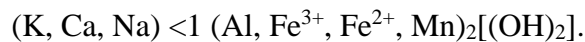
Інтенсифікація водогосподарчої діяльності й антропогенного впливу на водний басейн скрізь порушила природні умови формування водного середовища – підземних водних горизонтів і поверхневих водних басейнів. Зростає фосфатне забруднення ґрунтових вод унаслідок ненормованого застосування в сільськогосподарському виробництві мінеральних добрив та використанням домогосподарствами значної кількості побутових фосфатно-містких хімічних засобів, які з каналізаційними стоками потрапляють у поверхневі водойми.

У зв'язку із застосуванням застарілих технологій водоочищення, зношеністю технологічного обладнання, несвоєчасним коригуванням технологічного режиму доцільним є впровадження комплексних заходів для поліпшення якості води, розробка ефективних методів видалення фосфоровмісних речовин із стічних вод, ведення постійного моніторингу якості поверхневих вод зі своєчасним прийняттям управлінських рішень.

Метою роботи є отримання композиційних адсорбентів на основі глауконіту та дослідження їх адсорбційних властивостей при очистці стічних вод від фосфат-іонів.

Існує значна кількість різних методів обробки води (біологічні, коагуляційні), які мають ряд недоліків і не забезпечують необхідну ефективність очищення води від сполук фосфору, перспективними вважаємо адсорбційні методи очистки.

Одним із природним матеріалом для адсорбції поллютантів є глауконіт. Це широко поширений у природі мінерал класу силікатів групи гідролід, складається з кристало-гідратів, алюмосилікатів Феруму, Силіцій (IV) оксиду та Калій оксиду змінного складу, включає до 20 мікроелементів з умовною хімічною формулою



Для глауконіту характерне широке розповсюдження, доступність, дешевизна, термічна та радіаційна стійкість. Крім того, він володіє молекулярно-адсорбційними та іонообмінними властивостями. Вміст лужних обмінних катіонів глауконіту зазвичай становить від 1,5 до 13 мг-екв/100 г. Прояв іонообмінної ємності глауконіту (по аналогії з іншими алюмосилікатними мінералами) обумовлений наступними чинниками:

– наявністю негативного некомпенсованого заряду в структурному осередку глауконіту, що з'являється в результаті заміщення чотирьохвалентного Силіцію тривалентним Алюмінієм або двовалентним Магнієм у кристалічній решітці мінералу;

– наявністю на бічних гранях кристалів глауконіту ОН-груп, прикріплених до атомів кремнію, катіон гідрогену яких за певних умов може вступати в обмінну реакцію.

Молекулярна адсорбція глауконіту полягає у проникненні розчинів електролітів у вільні порожнини кристалічної структури, які наявні у даного мінералу, при одночасній і еквівалентній адсорбції катіонів та аніонів з розчинів електролітів.

Морфологічну поверхню зразків глауконіту визначено за допомогою методу електронної мікроскопії. Досліджуваний зразок глауконіту має розвинений рельєф поверхні. При збільшенні у 20000-50000 разів можна розрізнити наявність значної кількості пластинчастих мікроструктур у формі пелюсток, з розмірами < 0,5-1,0 мкм, що свідчить про високу пористість поверхні зразків. Подібні мікроструктури є активними центрами, на яких відбуваються процеси молекулярної та іонної адсорбції.

Для вивчення адсорбційних властивостей нами були розроблені наступні види гранульованих матеріалів, як: збагачений глауконіт; суміш збагаченого глауконіту з активованим вугіллям у співвідношенні 1:1; суміш збагаченого глауконіту з адсорбентом з соняшникового лушпиння у співвідношенні 1:1. При проведенні процесу гранулювання здійснювалися стадії гомогенізації та формоутворення.

Мікроструктурні дослідження гранульованих адсорбентів показали наявність більш рихлої структури композиційних гранул глауконіту з адсорбентом з соняшникового лушпиння. Мають місце пори і дефекти структури, які обумовлюють фізичну адсорбцію поліютантів із стічних вод.

Нами вивчено можливість хімічної модифікації гранульованих адсорбційних матеріалів на основі глауконіту 8% розчином Кальцій хлориду при змішаній кислотно-сольовий обробці. Механізмом видалення фосфатів є хімічне осадження важкорозчинних сполук, в основному Кальцій ортофосфату, що утворюються при взаємодії фосфатних аніонів з катіонами Кальцію. Отримані гранули досліджували в статичних умовах на здатність зв'язувати фосфат-іони з модельних стоків. До 100 см³ модельних розчинів, додавали по 2 г гранульованих матеріалів, а саме: сумішей глауконіту з адсорбентом із соняшникового лушпиння, глауконіту з активованим вугіллям та з гранульованим збагаченим глауконітом. Водневий показник (рН) для всіх розчинів при проведенні експериментів знаходився в межах 6-7.

Установлено, що кращими показниками адсорбції володіють композиційні гранульовані матеріали глауконіту з адсорбентом із соняшникового лушпиння, ефективність очищення стоків складає 78%. Слід зазначити, що оскільки широке використання активованого вугілля обмежено його високою вартістю, перспективним є використання відходів агропромислового комплексу для одержання ефективних і недорогих адсорбентів.

**ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ
ВОДОПОСТОЧАННЯ НАСЕЛЕННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ
ТЕХНОЛОГІЇ QR-КОДУВАННЯ**

Н. В. Дейнеко, В. М. Стрілець, О. С. Шевченко

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

На сьогодні в Україні досить загострені питання управління процесом забезпечення населення якісною питною бутильованою водою. Виробники при маркуванні бутильованої води використовують штрих коди, які містять виключно інформацію, стосовно виробника води. В той же час інформація про якість води, її фізичні та біологічні властивості, корисність та насамперед рівень її безпеки використання частково розміщується на обкладинці та не завжди відповідає дійсності, або в наслідок технічних особливостей не доступна людям з обмеженими можливостями та людям похилого віку.

В той же час тільки за офіційними даними на території України на теперішній час зареєстровано понад 320 стабільних осередків забруднення підземних вод у зонах впливу водозаборів, та експлуатується понад 300 великих водозаборів підземних вод, що працюють на затверджених запасах, де якість погіршилася внаслідок техногенного впливу.

Найбільше стійке забруднення водоносних горизонтів спостерігається у місцях видобутку, транспортування і переробки вуглеводнів. Ці процеси супроводжується появою специфічних елементів і сполук, як-то: ртуть, миш'як, уран, нітрити, амоній, свинець, фосфор, фтор, бор, літій, бром, йод, мідь, хром, нітрати, бензол, гексаном, фенол, роданід, хлороформ, ізопропилацетат, барій, стронцій, хлор, сірка, ксилол, ізобутиленоксид. Вміст останніх понад ГДК в складі води становить небезпеку для населення.

Подолання зазначених недоліків можливо у разі використання можливостей QR-кодування. На сьогодні QR-коди набули такого широкого використання, що майже вся друкована інформація (рекламні та інформаційні плакати, етикетки різноманітних виробів, оголошення тощо) дублюється за допомогою QR-кодів чи супроводжується ними. Матриця QR-коду може помістити до 7089 символів в порівнянні з традиційними штрихами, які можуть містити не більше 20 цифр. Таким чином, набагато більше інформації може бути збережено в QR-коді.

Останнє дозволяє суттєво збільшити вміст інформації щодо властивостей води, місць її видобутку, наявність сертифікатів якості, установчі документи виробника та відповідно є гарантією підвищення якості, як води, так і взагалі послуг з її виробництва та продажу.

З іншого боку наявність QR маркування дозволить підвищити оперативність передачі необхідної інформації у разі виникнення надзвичайної події медико-біологічного характеру, яка викликана масовим отруєнням людей, надасть додатковий час для організації заходів з локалізації наслідків надзвичайної ситуації.

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ОБ'ЄКТІВ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ**

О. М. Трофимчук, В. І. Клименко, С. А. Загородня, Н. А. Шевякіна, І. В. Радчук

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

Дослідження стану водних екосистем є необхідним для вивчення закономірностей функціонування водних ресурсів при стійкому антропогенному навантаженні. Заходи з покращення екологічного стану водних об'єктів, повинні ґрунтуватись на результатах наукових досліджень в галузі моделювання процесів антропогенного навантаження. Дуже розповсюдженими стали такі небезпечні явища, як підвищення рівня ґрунтових вод і викликане ним підтоплення територій. Підтоплюються населені пункти, сільськогосподарські угіддя, погіршуються умови функціонування господарських об'єктів, знижується родючість земель, пошкоджуються архітектурно-історичні пам'ятки та інше. Досить істотним фактором впливу на рівень екологічної безпеки водних об'єктів є поверхневий стік сільськогосподарських угідь, урбанізованих територій та окремо можна виділити вплив місць накопичення твердих побутових відходів. У періоди сходу сніжного покриву, рясних дощів і злив утворюваний потік транспортує в гідрографічну мережу продукти ерозії ґрунтів та продукти розпаду відходів, а також сорбовані на них радіоактивні і токсичні речовини, які осіли на водозбірні території не тільки в результаті аварійних викидів, але і при штатних режимах функціонування. Відходи є загрозою здоров'ю населення, яке мешкає поблизу звалища, викликаючи епідеміологічну небезпеку та біологічне забруднення. Особливий негативний вплив процесів забруднення відбувається на біоту, ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні водні джерела. Органічна речовина, що міститься в твердих побутових відходах утворює фільтрат, складний за хімічним складом. Проникнення фільтрату в ґрунтові води призводить до забруднення, яке поширюється на значні відстані від сміттєзвалища.

В роботі запропоновано застосування методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для проведення оцінки та аналіз ризиків забруднення водних об'єктів твердими побутовими відходами під час повені та підтоплення. При цьому виявлено прямі та зворотні зв'язки, проаналізовано явища саморегуляції, оцінено цілісність, впорядкованість та централізацію інформаційних показників формування потенційної екологічної небезпеки зон підтоплення.

Для комплексного аналізу запропоновано провести дослідження локальної території на її моделі, виконавши ідентифікацію топогеодезичних параметрів сміттєзвалища з метою визначення їх динаміки на визначену глибину ретроспективи, а також визначивши напрями

міграції продуктів деструкції накопичених відходів із водами першого водоносного горизонту і поверхневого стоку. В якості наукової основи природокористування використовується модель геосистеми. Ця модель застосовується для прогнозування, а також з метою управління природокористуванням. Основною метою прогнозу є оцінка можливої реакції навколишнього природного середовища на прямий чи опосередкований антропогенний вплив. Прогнозування перспектив розвитку певного явища є однією з функцій системи моніторингу. Усі прогнози мають імовірнісний характер і ґрунтуються на даних про стан навколишнього природного середовища на певний момент часу і в минулому. Отримують ці дані завдяки дослідженням, спрямованим на виявлення закономірностей природних процесів, поширення, міграції і перетворення у навколишньому середовищі забруднюючих речовин та їх впливу на довкілля.

Автори пропонують наступний алгоритм дослідження антропогенного впливу на водні екосистеми методами дистанційного зондування (ДЗЗ): 1) підбір даних ДЗЗ, картографічних матеріалів та описової інформації; 2) створення детальної цифрової карти території дослідження; 3) визначення сезонної мінливості екосистеми з використанням різночасових знімків; 4) проведення класифікації прилеглої території; 5) визначення джерел антропогенного навантаження, а саме ідентифікацію топогеодезичних параметрів сміттєзвалища; 6) проведення класифікації водної рослинності; 7) визначення температурного режиму водного об'єкту з використанням різночасових даних ДЗЗ (тепловий канал); 8) проведення наземних (надводних) вимірів, вибір тестових ділянок; 9) проведення порівняння та калібрування отриманих результатів за допомогою обробки даних ДЗЗ з наземними вимірами; 10) створення бази геоданих території дослідження.

Такий підхід дозволяє забезпечити оперативний режим отримання достовірних і точних даних про просторово-часові розподіли параметрів екологічного стану визначених ділянок підтоплення, з високими рівнями ризиків антропогенного забруднення, в тому числі твердими побутовими відходами. Отже, використання космічних знімків дозволяє проаналізувати індивідуальні особливості розміщення сміттєзвалищ відносно водних об'єктів, населених пунктів і природно-техногенних систем. Ці особливості визначають умови, у яких відбувається складування відходів і їх взаємодію з навколишнім середовищем., а саме умови міграції забруднюючих речовин, які утворюються в процесі експлуатації звалищ. Результати досліджень надають можливість місцевим органам самоврядування своєчасно реагувати та приймати ефективні рішення щодо санітарної очистки та ліквідації несанкціонованих сміттєзвалищ із мінімальними фінансовими, людськими та часовими затратами.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД ВИНОРОБСТВА

Г. В. Крусір, О. О. Лівенцова, О. А. Сагдєва, М. С. Мальований, Е. Ю. Зайцева

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

В умовах сьогодення в структурі промисловості України відбуваються значні зміни. Втрачають актуальність потужні виробництва одних сфер діяльності і, навпаки, набувають розвитку об'єкти інших галузей. Саме у таких умовах відбувається розвиток виноробної промисловості України, що супроводжується зростанням рівня її екологічної небезпеки. Результатом діяльності підприємств первинного виробництва є щорічне утворення значних обсягів твердих відходів (понад 80 тис. тон), скидів концентрованих стічних вод (приблизно 280 тис. м³), зростання обсягів викидів в атмосферу (близько 2 тис. тон). Варто зазначити, що основна доля (понад 90%) вказаних обсягів шкідливих впливів виробництва на компоненти довкілля припадає саме на підприємства первинного виноробства.

Відходи виноробства мають широкую номенклатуру та специфічний склад і за умов розміщення їх у компонентах довкілля сприяють формуванню екологічної небезпеки. Стічні води підприємств первинного виноробства мають у своєму складі значну кількість біогенних елементів та органічних речовин і потребують складних процесів їх очищення. Між тим, за своїм складом відходи виробництва та стічні води можуть бути залучені у процеси переробки з одержанням вторинних сировинних та енергетичних ресурсів. Таким чином, виникає необхідність удосконалення існуючих та розробки нових технологічних рішень із підвищення рівня екологічної безпеки зазначених підприємств. Одним з найбільш ефективних способів утилізації рідких промислових відходів виноробної промисловості (стічних вод) є їх анаеробне збродження. З метою обґрунтування можливості утилізації стічних вод методом анаеробного збродження визначено основні показники забруднень. Результати наведені в табл.1.

Таблиця 1

Показники забруднення стічних вод виноробних підприємств

<i>pH</i>	ХСК гО ₂ /дм ³	БСК ₅ гО ₂ /дм ³	Завислі речовини, г/дм ³	Азотисті сполуки, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³
6,0-7,5	6,4-9,1	4,3-5,6	1,0	3,5-26	40-250	10-250

На основі досліджень хімічного складу стічних вод можна зробити висновок, що рівень забруднення за показником ХСК складає від 6,4 до 9,1 гО₂/дм³, що вказує на доцільність застосування метанового бродиння, як найбільш ефективного методу очищення концентрованих стічних вод. Контроль процесу анаеробного зброджування стічних вод здійснювався шляхом дослідження динаміки зміни показника ХСК впродовж усього процесу метанового бродиння, при 40°C, результати якого наведено на рис. 1.

Результати досліджень процесу виходу біогазу за обраними режимами наведено на рис. 2.

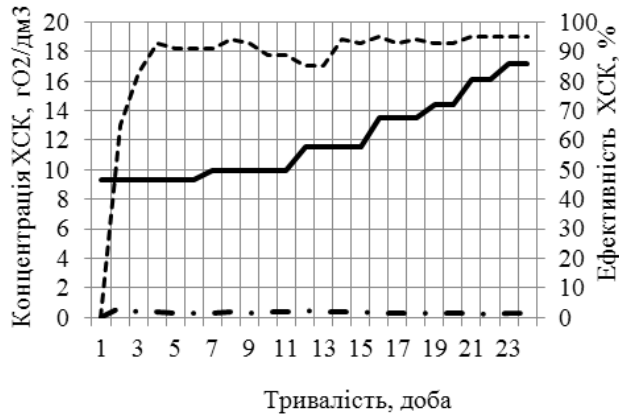


Рисунок 1. Зміна ефективності зниження ХСК.

1 – ХСК інф.(інфлюєнт – вхідні забруднені стічні води), гО₂/дм³, 2 – ХСК еф. (ефлюєнт – вихідні очищені стічні води), гО₂/дм³, 3 – ефективність ХСК, %



Рисунок 2. Динаміка утворення біогазу та вмісту метану

1 – вихід біогазу, 2 – вміст метану

Аналіз даних, наведених на рис. 1, дозволяє констатувати, що метанове бродиння забезпечує зниження концентрації забруднень за показником ХСК на 90±1,2 %, що свідчить про ефективність деструкції забруднювачів в досліджуваних умовах.

Процес утворення біогазу починається через 22 години після завантаження субстрату, при цьому в газовій фазі, що утворюється при зброджуванні, метан відсутній. Процес індукції біогазу супроводжується збільшенням вмісту метану в газовій суміші. Максимальний вихід біогазу спостерігається через 21 добу і складає 5,65 дм³/добу, при цьому вміст метану досягає 67%.

Результати дослідження параметрів анаеробного зброджування стічних вод виноробних підприємств дозволяють розробити оптимальні робочі режими технології очищення рідких відходів виноробства. Одержані дані є базисом для розробки техніко-технологічних заходів з управління екологічною безпекою підприємств первинного виноробства.

**ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ
ФЕНОЛІВ У ХЛОРВМІСНІ ВУГЛЕВОДНІ У РАЗІ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ
МЕТОДОМ ХЛОРУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ПИТНОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ (НА ПРИКЛАДІ СТРИЙСЬКОГО
РОДОВИЩА ПІДЗЕМНИХ ВОД)**

Ю. З. Боруцька

Екологічний коледж Львівського національного аграрного університету, Україна

Басейн р. Стрий у межах Передкарпатського прогину, насамперед у Бориславо-Покутській та Самбірській зонах, а також в межах Скибової та Кросненської зон належить до Західно-Українського нафтогазоносного регіону. Тут проводяться пошуки (Бітлянська, Боринська, Яблунська й інші площі), а також розвідані та тривалий час розроблялися низка нафтогазових і нафтових родовищ (Стинавське, Південностинавське, Іваніківське, Мельничинське, Танявське, Східницьке, Новосхідницьке, Урицьке, Заводівське), на яких пройдено понад тисячу розвіткових та експлуатаційних свердловин (рис. 1).

У стічних водах нафтовидобувної промисловості може міститись до 1,5–10,0 г/л нафтопродуктів. Окрім того, у цих водах завжди спостерігаються, також, значні концентрації низки інших специфічних органічних сполук: органічних кислот, фенолів, альдегідів, складних ефірів тощо. Зокрема, вміст фенолів у пластових водах, які видобувають з нафтою, може досягати десятків міліграмів на літр. Саме тому оцінка впливу нафтопромислових об'єктів на стан природних вод є надзвичайно важливою.



Рис. 1. Картохема нафтогазових родовищ у басейні р. Стрий: Стинавське, Південностинавське, Іваніківське, Мельничинське, Танявське, Східницьке, Новосхідницьке, Урицьке, Заводівське

З огляду на високі фонові концентрації фенолів і нафтопродуктів у водах басейну та наявні техногенні джерела їхнього надходження, експлуатація алювіального водоносного горизонту в долині р. Стрий для забезпечення населення питною водою ставить на порядок денний питання про доцільність санітарної обробки цієї води методом хлорування. До прикладу, за даними Я. Й. Коренмана й ін., знезараження питних вод методом хлорування зумовлює утворення високотоксичних моно-, ди- і тризаміщених хлорфенолів (рис. 2). Є також небезпека трансформації дибензо-*p*-діоксинів (рис. 3) із поліхлорованих фенолів безпосередньо у водопровідній мережі.

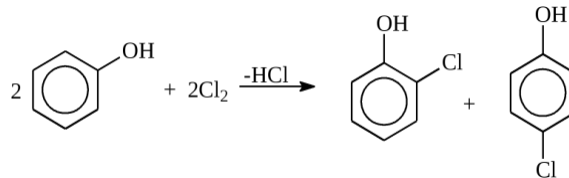


Рис. 2. Хімічна реакція утворення хлорованих фенолів (хлорфенолів)

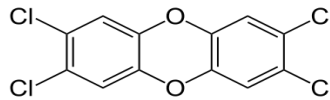


Рис. 3. Структурна формула 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*p*-діоксина – $C_{12}H_4Cl_4O_2$ – одного з найтоксичніших хлорпохідних дибензо[*b, e*]-1,4-діоксину

Вивчення причин появи хлорованих вуглеводнів у питній воді залежно від джерела водопостачання, визначення їхніх концентрацій і розробка рекомендацій для зниження ризику виникнення канцерогенних ефектів у споживачів на прикладі природного джерела водопостачання м. Іваново розглянуті у працях Т. В. Известкова та ін. З'ясовано, що групою сполук, здатних ініціювати утворення хлорпохідних органічних сполук (ХОС), є нафтопродукти і феноли. Ймовірність утворення із них ХОС у разі хлорування води досить висока, оскільки біохімічне і фотохімічне окиснення цих сполук у природних водоймах відбувається з утворенням альдегідів і органічних кислот, як проміжних продуктів. Визначено кореляцію між вмістом фенолів, ХОС, зважених і розчинених органічних речовин. Зі збільшенням їхнього вмісту зафіксовано збільшення у воді вмісту фенолів та їхніх хлорпохідних: 2,4-дихлорфенолу і 2,4,6-трихлорфенолу. Результати досліджень також засвідчили, що збільшення кількості ХОС у питній воді в процесі хлорування безпосередньо пов'язане з вмістом органічних сполук у природній воді.

Отже, високий природний рівень концентрації фенолів і нафтопродуктів у водах басейну р. Стрий робить неприйнятним хлорування води з водозаборів басейну, оскільки може спричинити утворення дуже шкідливих хлорфенольних сполук. Ось чому встановлювати ліміт потрібно на концентрації власне хлорпохідних фенолів, бо саме вони є одними з найшкідливіших сполук (канцерогенів) у районах нафтовидобутку з високим природним фоном фенолів.

CARUSOL – АЛЬТЕРНАТИВА ДЕЗІНФЕКЦІЇ ВОДИ ХЛОРОМ

І. Л. Башинська

Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, Україна

В Україні за останні десятки років найбільш широко відомим шляхом дезінфекції води на водопровідних спорудах водоканалів є використання в якості дезінфектанту – реагенту хлору, оскільки він має найбільш прийнятливую ціну, на відміну від інших методів та технологій, зручне і налагоджене використання та експлуатацію обладнання, і той факт, що хлор забезпечує надійну концентрацію залишкового хлору для підтримання якості питної води в мікробіологічному аспекті у водопровідних розподільчих мережах, робить даний дезінфектант вагомим серед інших методів. Але, з розвитком науки також стало відомо про небезпечність використання цього реагенту для дезінфекції води, оскільки в результаті його застосування, у воді утворюються такі шкідливі для здоров'я людини продукти хлорування, як тригалогенметани. Тому необхідно використовувати альтернативні шляхи знезараження води.

CARUSOL – перманганат натрію (NaMnO_4) – сильний окисник (Mn^{+7}) – це альтернативний окислювач хлору, який володіє такою ж природою дії, як і перманганат калію, але не є прекурсором. Завдяки впровадженню CARUSOL в технологічний процес очищення води на початковому етапі, виключається фаза попереднього хлорування і, як результат, виключається можливість утворення у питній воді побічних продуктів хлорування – тригалогенметанів. Використання перманганату натрію забезпечує ефективне вирішення таких проблем, як окислення та видалення з води неорганічних речовин – заліза, марганцю, миш'яку, радію, окислення природних органічних речовин, що містяться у джерелі водопостачання, зниження інтенсивності присмаків та запахів води, покращення кольоровості води та інших.

Лабораторні дослідження були проведені на базі лабораторії комунального підприємства «Житомирводоканал». Впровадження CARUSOL відбувалося як без застосування хлору на попередньому етапі, так і разом із введенням невеликих доз хлору. Послідовність введення реагентів в даному експерименті відповідає послідовності введення реагентів в існуючій технології водопідготовки на водопровідних спорудах на підприємстві: 1 серія: CARUSOL A (1 підйом) + через 2 хвилини хлор (доза – $3,0 \text{ мг/дм}^3$), через 2 години на вході на очисні споруди водоводу – гіпохлорит натрію (доза – $1,5 \text{ мг/дм}^3$), через 2 хвилини коагулянт (доза - 30 мг/дм^3), через 30 секунд флокулянт (доза – $0,3 \text{ мг/дм}^3$), перемішування 5 хвилин та час осадження 30 хвилин, фільтруючий матеріал – цеоліт, час фільтрації – 10 хвилин; 2 серія – послідовність така ж, тільки гіпохлорит натрію вже подається саме в резервуар чистої води 2 підйому.

Таблиця 1

Результати лабораторних експериментів по використанню реагенту – перманганату натрію (CARUSOL A) в технології водопідготовки на водоочисних спорудах КП

«Житомирводоканал»

Реагент	Доза CARUSO L A, мг/дм ³	Каламут- ність мг/дм ³	Кольо- ровість, град.	Окисню- ваність, мг/дм ³	Марга- нець, мг/дм ³	Хлоро- форм, мг/дм ³	Залишковий зв'язаний хлор, мг/дм ³	
							1 підйом	2 підйом
01.06.2017 (1 серія)								
Водосховище «Відсічне»		2,1	33	8,96	0,158	відсут.	-	-
CARUSOL A + NaClO	0,16	0,6	11	7,20	0,038	0,000	0,35	0,35
CARUSOL A + NaClO	0,2	0,6	11	7,04	0,043	0,000	0,35	0,35
CARUSOL A + NaClO	0,26	0,5	11	5,6	0,053	0,000	0,35	0,35
CARUSOL A + NaClO	0,3	0,5	12	6,24	0,078	0,000	0,35	0,35
01.06.2017 (2 серія)								
CARUSOL A + NaClO	0,16	0,6	7	6,08	0,056	0,000	0,35	0,7
CARUSOL A + NaClO	0,2	0,6	12	6,56	0,046	0,000	0,35	0,7
CARUSOL A + NaClO	0,26	0,5	12	5,28	0,036	0,000	0,35	0,7
CARUSOL A + NaClO	0,3	0,6	14	5,79	0,031	0,000	0,35	0,7

Проведені лабораторні дослідження довели ефективність окислення води реагентом CARUSOL:

- окислення марганцю відбувається в 2-5 разів (тобто на 50-80%), в залежності від обраної дози перманганату натрію та точки вводу хлору;
- досягається поступове зменшення вмісту органічної речовини (знижується на 2,0-3,0 мг/дм³ значення окиснюваності перманганатної в обох серіях експериментів);
- у всіх пробах даного експерименту відсутній хлороформ (не відбувається його утворення), при цьому наявний, хоч і не високий, вміст залишкового вільного хлору у воді на виході (більший вміст спостерігається після введення гіпохлорит натрію безпосередньо у резервуар чистої води). В інших, проведених нами, експериментах утворення хлороформу у питній воді відбувається, але його значення знаходяться в межах встановленого ДСанПіНом 2.2.4-171-10 нормативу 0,06 мг/дм³;
- зниження органолептичних показників каламутності та кольоровості, скоріше за все, пов'язано із використанням коагулянту та флокулянту, але їх зменшення спостерігається постійно при введенні реагенту перманганату, тому можна пов'язати і із дією CARUSOL.

Отже, ефективність дії перманганату натрію доведена на річковій воді водосховища «Відсічне», з якого відбувається забезпечення водою міста Житомира.

ОЦІНКА СКЛАДОВИХ ВОДНОГО БАЛАНСУ МУЛОВИХ ПОЛІВ БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ ДЛЯ ПРОДОВЖЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

С. Величко, О. Дупляк

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна

Споруди зневоднення осаду на Бортницькій станції аерації (БСА) були побудовані в період 1965-1985р.р. та потребують реконструкції. Після реконструкції планується повністю відмовитись від мулових полів для зневоднення осаду, які займають площу 219 га. З 1986 р після заборони вивозити підсушений осад з мулових полів, вони фактично працюють як накопичувачі мулу. Так як резервного об'єму в картах мулових полів практично не має, то необхідно або побудувати додаткові поля, що вимагає додаткових площ або збільшити об'єм існуючих полів за рахунок нарощування дамб. Позитивну частину водного балансу мулових полів складають об'єм осаду, що подається на мулові поля, та опади на їх поверхню. Зменшення об'єму осаду відбувається за рахунок видалення мулової води, випаровування з відкритої водної поверхні та мулових відкладень, евапотранспірації в вегетаційний період.

Метою роботи є визначення складових водного балансу мулових полів для оцінки можливості продовження їх експлуатації до введення в експлуатацію нової технології зневоднення та утилізації осаду.

Для досягнення встановленої мети необхідно:

- визначити кількість осаду, що подається на мулові поля та кількість мулової води, що відводиться на повторне очищення;
- розрахувати втрати на випаровування з відкритої водної поверхні протягом року;
- оцінити додаткове випаровування за рахунок евапотранспірації.

На сьогоднішній день на БСА працюють три мулових поля, в яких накопичено майже 11 млн. м³ осаду. Аналіз роботи мулових полів за період 2006-2016р.р. показав, що кількість осаду, що надходить на мулові поля становить 4,14 млн.м³/рік, а кількість мулової води, що відводиться на повторне очищення в аеробні стабілізатори та в голову споруд складає 64%.

Мулові поля фактично – це ємності, в які поступає осад з вологістю 98,9%. В процесі відстоювання тверда частина осідає, освітлена мулова вода відводиться на очищення. Подальше зневоднення осаду відбувається за рахунок випаровування. Дослідження фільтрації з мулових полів показало, що протифільтраційні екрани полів не порушені і втрати на фільтрацію практично відсутні, тому вони не враховувались при розрахунках.

Мулові поля практично на 90% вкриті болотяною рослинністю (очерет, рогіз, осока), отже випаровування з мулових полів складається з випаровування з водної поверхні та мулу та евапотранспірації у вегетаційний період. Існуючі формули для визначення випаровування

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

з водної поверхні розроблені для природних водойм, які замерзають в зимовий час. Як показали спостереження, мулові поля взимку практично не замерзають і різниця температур осаду та повітря перевищує 5°C в період з грудня по лютий.

Випаровування з водної поверхні в період з березня по листопад визначалось за формулою Шерешевського А., розробленої для території України. В період грудень – лютий випаровування визначалось за методикою розрахунку для незамерзаючої водойми. В період з квітня до вересня значна частина мулових полів вкрита рослинністю та випаровування збільшується за рахунок транспірації. Евапотранспірація очерета була розрахована за формулою Пенмана-Монтейса за кліматичними даними метеостанцій Бориспіль та Київ. На евапотранспірацію значно впливає температурний режим в вегетаційний період, тому розрахунки випаровування проводились для середнього за температурою року (середньорічна температура/середня за вегетаційний сезон 8,2/16°C) та для холодного року (6,8/15°C). Розрахунки проведені на програмному комплексі CROPWAT 8.0. Розрахункові значення випаровування з мулового поля (таблиця 1) порівнювались з випаровуванням, отриманим з рівняння водного балансу на основі спостережень за роботою мулових полів та накопиченого осаду в період з 2008-2016р.р., яка складає для середнього року 1125±56 мм/рік. Розбіжність між розрахованими за емпіричними формулами значеннями та отриманими за результатами спостережень не перевищує 5%.

Таблиця 1

Розрахункові втрати на випаровування з мулових полів в центральній частині України

Випаровування	Місяці												Рік
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Середній за температурою рік													
з водної поверхні, мм	93	80	67	50	98	111	109	91	57	32	34	77	898
евапотранспірація, мм				71	124	150	152	129	67				693
мулового поля, мм	93	80	67	71	124	150	152	129	67	32	34	77	1076
Холодний рік													
з водної поверхні, мм	103	98	70	42	59	79	92	86	50	20	46	89	834
евапотранспірація, мм				55	78	100	112	102	47				494
мулового поля, мм	103	98	70	55	78	100	112	102	47	20	46	89	920

Середні багаторічні опади за даними метеостанції Бориспіль складають 560мм/рік, отже зменшення об'єму осаду за рахунок природних чинників буде складати 516 мм/рік, а шар накопичення осаду в мулових полях для середнього за температурою року буде складати 164мм/рік, що дозволить використання мулових полів без реконструкції протягом 1-2 років, для продовження експлуатації на 7 років необхідне збільшення резервного об'єму.

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ГІРНИЧО-ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ЯКІСТЬ ВОДИ

В. Погребенник, Е. Джумеля

Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

Вступ. Вода – джерело життя. Якість води – поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води, яке зумовлює її придатність для певних видів використання. Вживання неякісної питної води загрожує важкими наслідками для здоров'я людини. За останні роки збільшився обсяг забруднювальних речовин, що потрапляють до водних об'єктів від сільського господарства, промисловості, будівництва. У зв'язку з цим можна виділити важливу сучасну проблему забруднення води техногенними об'єктами, зокрема, гірничо-хімічними підприємствами.

Після завершення видобування самородної сірки в Україні почали формуватися постмайнінгові геосистеми, які відзначаються високою складністю структурних складових. Яскравим прикладом є Роздільське державне гірничо-хімічне підприємство (ДГХП) “Сірка”, яке знаходиться на стадії ліквідації – з 2003 року основною діяльністю підприємства є виконання природоохоронних робіт згідно проекту “Ліквідація сірчаних кар'єрів та відновлення екологічної рівноваги і ландшафту в зоні діяльності Роздільського ДГХП “Сірка””, розробленого ВАТ “Гірхімпром”, який пройшов комплексну експертизу Укрінвестекспертизи.

Метою роботи є оцінювання впливу гірничо-хімічного підприємства (на прикладі Роздільського ДГХП “Сірка”) на якість води.

Виклад основного матеріалу. Територію діяльності Роздільського ДГХП “Сірка” займає площа біля 22 км², розташовано між селищем міського типу Розділ та містом Новий Розділ, в заплаві та надзаплавних терасах долини річки Дністер і обмежено малими річками Барвінок і Колодниця.

У результаті промислової діяльності сформовано техногенний ландшафт, основним елементом якого був кар'єр з видобутку сірчаної руди. Роздільський сірчаний кар'єр розвивався з півдня на північ і умовно розділявся на Південний, Центральний і Північний. Південний кар'єр поблизу річки Дністер та села Березина заповнено внутрішніми відвалами. Центральний кар'єр так само на 90% закладено відвальними породами, тільки залишилась невелика виїмка, яку заповнено кислою водою внаслідок стоку інфільтратів з відвалу фосфогіпсу. Північний кар'єр між селом міського типу Розділ та селом Малехів, розділено дамбами на три частини. Західну частину містить озеро Чисте – водозбірник підземних вод

четвертинного та неогенового водоносних горизонтів глибиною до 14 метрів. Центральну частину частково заповнено хвостами флотацій, тут утворилось озеро Середнє глибиною до 12 метрів. Східну частину Північного кар'єру затоплено, тут сформувалось озеро Глибоке із максимальною глибиною 45 метрів. На південному березі озера Глибокого розташовано звалище гудронів. Ще два звалища гудронів розташовано в цеху «Кріоліт» заводу складних мінеральних добрив та у північній частині хвостосховища №1.

Підприємство є об'єктом екологічної небезпеки і потребує постійного моніторингу. Моніторинг підземних вод Роздільського ДГХП «Сірка» останнім часом не проводили, попри те, що, за даними 2004 р. в п'ятьох свердловинах встановлено перевищення норми за різними показниками. Зокрема, рівень мінералізації становив 3120 мг/дм³ і 3588 мг/дм³ за норми 1000 мг/дм³. Вміст сульфатів становив 1850 мг/дм³ і 1550 мг/дм³ за норми 500 мг/дм³. Вміст фосфатів – 216 мг/дм³ (норма – 3,5 мг/дм³), хлоридів – 813,6 мг/дм³ (норма – 350 мг/дм³).

Отримано результати гідрохімічних досліджень поверхневих вод за 2017 р. на озерах Глибоке, Середнє, Чисте та Кисле, а також каналу, який з'єднує озеро Глибоке з р. Дністер. Як свідчать отримані дані, у поверхневому шарі вод всіх Роздільських озер зафіксовано перевищення нормативних показників за мінералізацією та сульфатами (ГДК – 100 мг/м³), в оз. Кислому рН становить 5,25 за норми 6,5 – 8,5.

У каналі озера Глибоке–Дністер є перевищення ГДК за такими показниками: рН становить 6,05, сульфати – 1665,3 мг/дм³, азот амонійний – 4,6 мг/дм³ (ГДК – 0,5 мг/м³), мінералізація – 2498,6 мг/дм³. Скид забруднених стічних вод у р. Дністер є порушенням статей 44, 70, 95 Водного Кодексу України.

Висновки. Отже, масове, часто необдумане закриття гірничо-хімічних підприємств призвело до суттєвого загострення цілого спектру екологічних проблем. Необґрунтована ліквідація гірничо-добувних підприємств без проведення складного комплексу рекультивацийних, меліоративних та інших оптимізаційних робіт, яку розраховано винятково на самовідновлення порушених ландшафтів, є небезпечною, і вже в недалекому майбутньому може призвести до дестабілізації екологічної ситуації чи навіть екологічної катастрофи регіонального масштабу.

Моніторинг підземних та поверхневих вод гірничо-хімічного підприємства, а також вчасне реагування на негативні екологічні зміни водного середовища є важливою складовою в системі екологічного моніторингу, що, в свою чергу, є надзвичайно важливим для покращення якості води. Тому, потрібно терміново розпочати впровадження заходів, які б дали змогу відновити спостереження на вцілілих свердловинах, реалізувати низку організаційних заходів для координації дій суб'єктів моніторингу й забезпечення ефективнішого використання інформації, що стосується стану поверхневих та підземних вод.

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ФІЗИКО-ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

М. Богославець, Л. Челядин, В. Волосянко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Основним фактором впливу на забруднення довкілля є скид стічних вод у природні водні ресурси, оскільки вони вміщують небезпечні компоненти. Стічні води, що утворюються на різних об'єктах, очищаються від забруднень недостатньо, що приводить до забруднення водних ресурсів, а тому є сучасною проблемою.

Технології очищення стічних вод складаються з таких основних стадій водоочищення: механічної, хімічної та біологічної, яка є енергоємною та займає значні території, а також негативно впливає на забруднення атмосфери. Для підвищення ефективності очищення стічних вод використовують частіше наступні процеси водоочищення: механічний, флотаційний та біологічний метод очистки на великих промислових і комунальних об'єктах. У процесах очищення стічних вод використовуються очисні споруди, які складаються з різного устаткування. Основним устаткуванням для відділення забруднень є відстійники відкритого типу, які займають великі території та ступінь очищення складає 55-60%, а також метантенки у процесі біологічної очистки, яка є енергоємною, оскільки затрати електроенергії на експлуатацію повітродувки є великі та вимагає певних температурних параметрів і поживних компонентів для роботоздатності активного ілу.

Сучасні тенденції з водоочищення стічних вод направлені на створення локального очищення стічних вод певних виробництв, які вміщують декілька екологічно небезпечних компонентів. Для створення локальних установок необхідно застосовувати технологію водоочищення, яка поєднує процеси електрообробки, відстоювання у тонкошаровому (т/ш) відстійнику та сорбції – фільтрації для доочищення стоків від забруднень до показників, які дозволяють скидати їх у водні ресурси чи використовувати повторно.

Метою досліджень є встановлення параметрів нової технології локального фізико-електрохімічного очищення стічних вод нафтопереробного об'єкта методом електрообробки у новому електропристрої і відділенні забруднень у вдосконаленому тонкошаровому відстійнику та фільтрі, які встановлені на локальній установці.

Середні показники стічних вод на вході в очисні споруди ПАТ «Нафтопереробка» з товарно-технологічного підрозділу наступні: рН 7,4, завислі – 53,1 мг/дм³, ХСК, - 48,0 мгО₂/дм³, нафтопродукт-100,5 мг/дм³, а комунальні стоки з м Надвірна характеризуються такими показниками: рН – 6,9 – 7,5, завислі – 25,1-36,5 мг/дм³, ХСК – 56,0-70,8 мгО₂/дм³ і амоній-іони – 3,7-132 мг/дм³

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Дослідження з очищення стічних вод проводили на лабораторній установці таким чином. З сировинної ємності стічна вода поступала в І-й електропристрій та у відстійник, де відбувається очищення стічних вод від завислих при зміні кута нахилу похилих площин у тонкошаровому відстійнику. Частково очищені стоки надходять в ІІ-й електроапарат, де під дією електричного струму у стоках відбуваються електрохімічні процеси, а потім стоки протікають через фільтр, де із стічної води відділяються інші забруднення у процесі фільтрації і адсорбції. Дослідження проводили в динамічних умовах з виратою 10дм³ в годину, а результати з очищення стічних приведено в таблиці.

Таблиця 1

Параметри процесу і показники очищення стічних вод

№ проби, об'єкт	Параметри технології				Показники до очищення / після		Ступінь очищення, %	
	Напруга, В	Щільність анодна, А/м ²	Кут нахилу похилих площин, град	Фракція цеоліта, мм	ХСК, мгО ₂ /дм ³	Завислі, мг/дм ³	ХСК	Завислі
3, НПЗ	10	0,25	30	5-8	48,0/3,3	53,1 /2,15	93,1	95,9
5,НПЗ	12	0,37	45	3-5	48,0/2,8	53,1 /1,85	94,2	96,5
7,НПЗ	8	0,21	60	1-3	48,0/4,3	53,1 /1,45	91,0	97,2
8, місто	10	0, 22	30	5-8	56,0 /3,1	25,1/1,51	94,5	93,9
9, місто	12	0,28	45	3-5	56,0 /2,2	25,1/0,65	96,1	97,4
10, місто	8	0,33	60	1-3	56,0 /3,8	25,1/0,72	93,2	97,1
111 , місто	10	0,25	45	3-5	70,8/ 4,2	36,5 /0,64	94,1	98,2
112, місто	12	0,31	45	3-5	70,8/ 3,3	36,5 /0,53	95,3	98,5

На основі проведених досліджень встановлено, що ступінь очищення стічних вод ПАТ «Нафтопереробка» на І етапі електрообробки та відділенням завислих у т/ш відстійнику складає у середньому 93,3–96,2%, яка пояснюється різною гідродинамікою потоку води у відстійнику, а фільтрування через цеоліт підвищує ХСК стоків до 97,5-98,2%.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що при очищенні стічних вод за новою технологією з двохетапною електрообробкою ПАТ «Нафтопереробка» ступінь очищення від завислих – збільшується до 96,1-97,5 % і 93,7-98,1 % за ХСК, а м. Надвірна до 97,1-98,5 % за показником завислі і 93,7-98,6 % за ХСК.

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗБОРУ ВОДИ У СІЛЬСЬКИХ МІСЦЕВОСТЯХ
(НА ПРИКЛАДІ СМТ КЛЕСІВ САРНЕНСЬКОГО РАЙОНУ
РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

О. С. Новицька, О. А. Ткачук

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна

Фактичні питомі витрати води в різні пори року залежать від ступеня благоустрою житла, розташування помешкання та способу життя мешканців, наявності тварин і птиці в господарстві та площі поливу присадибної ділянки. У житлових будинках населення витрачає воду на різні господарсько-питні та комунально-побутові потреби, а саме: для пиття, приготування їжі, миття посуду, для особистої гігієни, прання білизни, прибирання приміщень тощо. Крім того, з внутрішніх водопроводів вода витрачається для поливу присадибних ділянок, прибирання прилеглих територій та ін.

На підставі результатів збору, вивчення та аналізу фактичного споживання питної води населенням смт. Клесів Сарненського району Рівненської області необхідно встановити нормативи питного водопостачання для населення.

72,4 % населення смт. Клесів забезпечені послугами централізованого водопостачання. 94,6% абонентів обладнані квартирними приладами обліку води. Питання експлуатації квартирних приладів обліку води абонентами КП «Клесівводоканал» є вкрай незадовільним. Складність обліку фактичного водоспоживання обумовлена відсутністю будинкових приладів обліку води та неможливістю замірів квартирними приладами обліку води, тому що 83% з них не пройшли перевірку у встановленому порядку.

За результатами досліджень, питоме водоспоживання у житлових будинках коливається в широких межах для всіх ступенів благоустрою, в деяких випадках величини питомого водоспоживання відрізняються у 7,5-15 разів. На рис. 1 наведено приклад діаграми з величинами питомого водоспоживання для житлових будинків смт. Клесів, обладнаних водопроводом без каналізації. При середньому значенні питомих витрат 83 л/люд·добу середньоквадратичне відхилення складає 54 л/люд·добу, що свідчить про досить низьку статистичну значимість отриманих результатів.

Для житлових будинків з іншими ступенями благоустрою величини середньоквадратичних відхилень також мають достатньо високі значення. Такі коливання типові для населених пунктів до 10 000 мешканців у сільській місцевості.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

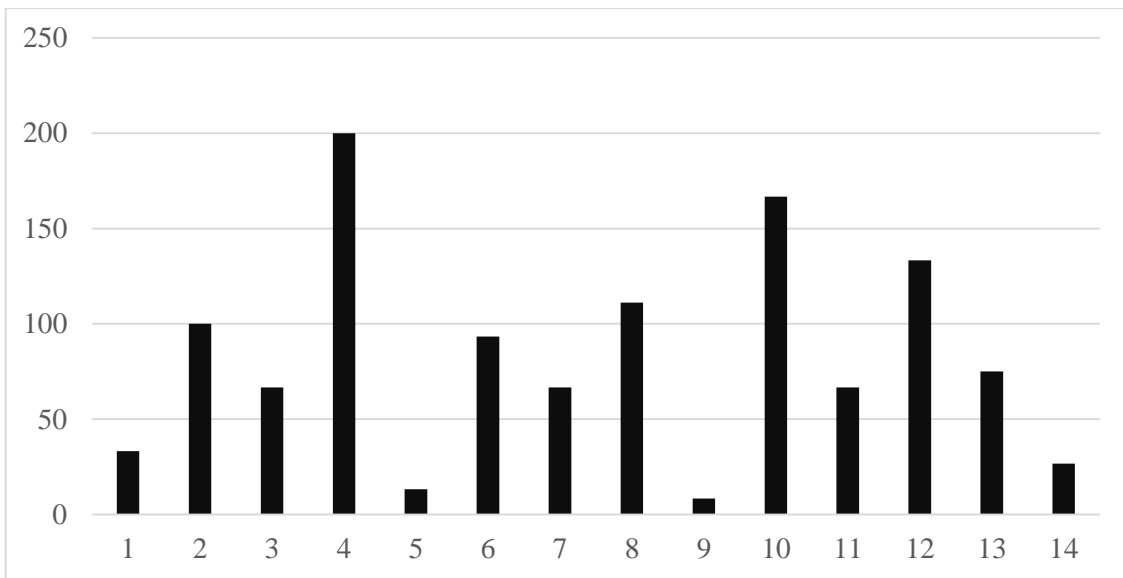


Рисунок 1. Питоме водоспоживання у житлових будинках смт. Клесів, обладнаних водопроводом без каналізації

Для ступеню благоустрою «Водопровід, каналізація, ванна з газовим водонагрівачем» межі питомого водоспоживання склали від 17 до 200 л/люд·добу, а середньо-квадратичне відхилення 44 л/люд·добу; для ступеню благоустрою «Водопровід, септик, ванна з газовим водонагрівачем» межі питомого водоспоживання склали від 22 до 167 л/люд·добу, а середньо-квадратичне відхилення 50 л/люд·добу; для ступеню благоустрою «Водопровід, каналізація, ванна, водонагрівач з багатоточковим водозабором» межі питомого водоспоживання склали від 17 до 133 л/люд·добу, а середньо-квадратичне відхилення 27 л/люд·добу.

Враховуючи широкі інтервали коливань значень питомого водоспоживання, визначили коефіцієнти варіації для житлових будинків з різними ступенями благоустрою. Коефіцієнти варіації знаходяться в межах 63-88 %, тому усереднені величини питомого водоспоживання не можуть бути використані як узагальнюючий показник для розрахунку норм питного водопостачання населенням смт. Клесів.

Отже, фактичний розбір води населенням у сільських місцевостях варіюється в широких межах, фактичне питоме водоспоживання менше, ніж існуючі норми водоспоживання. Тому для обґрунтування норм питного водоспоживання населенням смт. Клесів, необхідно віддати перевагу значенням норм питного водоспоживання діючих нормативів населених пунктів відповідної кліматичної зони України, зокрема, міст та сіл Рівненської області.

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЛЬТРУВАННЯ СУСПЕНЗІЇ ПРИ ЗМІННІЙ ПОЧАТКОВІЙ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШКІВ

В. Л. Поляков, О. В. Харламова

Інститут гідромеханіки НАН України, Київ, Україна

Нерідко водоочисним фільтрам доводиться функціонувати за змінної з часом концентрації дисперсних домішок на вході у завантаження C_0 , що зумовлено особливостями природного і техногенного забруднення води. Зокрема, зміни величини C_0 можуть бути пов'язані зі зміною джерела забруднення води, екстраординарними подіями в оточуючому середовищі (зливи, паводки), циклічністю водогосподарчої діяльності промислових, сільськогосподарських, комунальних підприємств і т. ін. Тоді необхідно при проведенні математичного моделювання зміни об'ємної концентрації завислої речовини C на вході в завантаження з часом описати відомою функцією $C_0(t)$, яка в принципі може бути і неперервною, і розривною.

Дана розробка виконувалась із залученням строгих аналітичних методів і переслідувала дві основні мети. По-перше, аналізувався вплив різних варіантів нестабільності вихідного вмісту зависі у воді на якість її освітлення і гідравлічний опір шару завантаження. Таким чином стало можливим виділити той вид $C_0(t)$, за якого робота фільтра була найбільш ефективною. По-друге, з'ясовувалася правомірність традиційного прийому спрощення умов фільтрування у вхідному перерізі фільтраційного потоку, а саме, осереднення $C_0(t)$ в межах розрахункового періоду. Між іншим, застосування такого прийому в дійсності ускладнюється через зазвичай невідому тривалість такого періоду.

Спирається дана розробка на математичну модель відривного фільтрування з постійною швидкістю малоконцентрованої суспензії через однорідне завантаження при лінійних кінетиці масообміну і фільтрації. Ця модель складається з двох взаємопов'язаних блоків – освітлювального і фільтраційного і її точний розв'язок виражається наступними залежностями для відносних \bar{C} і об'ємної концентрації осаджених часток суспензії \bar{S} в безрозмірній формі:

$$\bar{C}(\bar{z}, \bar{t}) = e^{-\alpha \bar{z}} \left[\bar{C}_0(\bar{t}) + \sqrt{\alpha \beta \bar{z}} \int_0^{\bar{t}} \frac{e^{-\beta(\bar{t}-\xi)} I_1(2\sqrt{\alpha \beta \bar{z}}(\bar{t}-\xi))}{\sqrt{\bar{t}-\xi}} \bar{C}_0(\xi) d\xi \right],$$

$$\bar{S}(\bar{z}, \bar{t}) = \bar{\alpha} e^{-\bar{\alpha} \bar{z}} \int_0^{\bar{t}} e^{-\bar{\beta}(\bar{t}-\xi)} I_0\left(2\sqrt{\bar{\alpha}\bar{\beta}\bar{z}(\bar{t}-\xi)}\right) \bar{C}_0(\xi) d\xi.$$

Тут $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$ – відносні емпіричні коефіцієнти швидкостей прилипання і відриву часток суспензії, I_i ($i=1, 2$) – символ модифікованої функції Бесселя першого роду i -го порядку.

При проведенні кількісного аналізу розраховувалися чотири приклади, які розрізняються способом завдання $\bar{C}_0(\bar{t})$. Так, у першому прикладі для неї приймалася лінійна зростаюча функція: у другому використовувалась кусочно-постійна функція, і тому в момент часу \bar{t}_1 концентрація зависі на вході у завантаження зростала стрибком; у третьому вказана функція вважалась постійною, і нарешті у четвертому вона була лінійною убуючою. Важливо, що протягом розрахункового періоду відносною тривалістю $T = 200$ загальна кількість завислої речовини, яка надійшла в завантаження, була однаковою (400). Еталоном для порівнянь послужив третій приклад, який одночасно відповідає і стабільній подачі на фільтр забрудненої води, і формальній її стабілізації шляхом заміни змінної $C_0(t)$ її середнім значенням.

Предметом розрахунків стали відносні величини: концентрація зависі в фільтраті \bar{C}_e , концентрація осаджених часток суспензії на вході у завантаження \bar{S}_0 і втрати напору в ньому $\Delta \bar{h}$. Останні визначалися за формулою

$$\Delta \bar{h}(\bar{t}) = \int_0^1 \frac{d\bar{z}}{f_k(\bar{S}(\bar{z}, \bar{t}))},$$

де в обчисленнях для емпіричної функції $\bar{S}(\bar{z}, \bar{t})$ приймалися залежності у степеневій або експоненціальній формі. При цьому враховувались зміни з часом складу осаду, в якому суттєво переважає зв'язана вода. Врешті було встановлено наступне:

- якість фільтрату суттєво краща при плавному або різкому зростанні початкового забруднення суспензії,
- вибір єдиної константи осереднення для тривалого розрахункового періоду може призводити до значних помилок при розрахунках характеристик фільтрування,
- характер зміни концентрації C_0 сильно впливає на кольматаж завантаження,
- при початковому забрудненні води, яке посилюється з часом, можливе аномальне явище перерозподілу осаду, в результаті якого загальні втрати напору навіть скорочуються, незважаючи на прогресуюче замулення завантаження,
- збільшення C_0 стрибком з одного боку дозволяє протягом тривалого часу забезпечувати мінімальну кількість зависі на виході із фільтра, а з другого боку призводить до посиленого росту втрат напору і, як наслідок, передчасному виключенню фільтра.

**ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ
ШЛЯХОМ ЗМІНИ СПРЯМОВАННОСТІ ПОТОКУ СУСПЕНЗІЇ**

В. Л. Поляков

Інститут гідромеханіки НАН України, Київ, Україна

Основною причиною неповного використання освітлювального ресурсу швидких фільтрів звичайно є суттєва нерівномірність розподілу осаду по висоті шару завантаження і, як наслідок, посилене зростання втрат напору в ньому. Робилися багаточисленні спроби інтенсифікувати їх роботу, застосовуючи різні конструкції фільтрів, режими роботи, способи підготовки суспензії. В даній розробці предметом всебічного теоретичного аналізу строгими аналітичними методами стали наслідки зміни напрямку потоку в завантаженні, наприклад, зі спадного на висхідний або навпаки протягом фільтроцикла. Практичний зміст оперативне переключення фільтра має сенс перш за все в тих випадках, коли осад виявляється стійким по відношенню до гідродинамічного впливу. Тоді виправдано застосовувати сучасні математичні моделі безвідривного фільтрування. При цьому опис кінетики освітлювального процесу суттєво узагальнюється завдяки врахуванню впливу на нього поглинального ресурсу, який поступово скорочується, а також автокаталітичного ефекту. Таким чином, коефіцієнт фільтрування в базовій математичній моделі тепер є не постійним, а функцією складного вигляду від концентрації осаду. В загальному вигляді модель безвідривного фільтрування може розглядатись як комплекс із двох пов'язаних між собою блоків – освітлювального і фільтраційного.

Головною метою даної роботи стало, спираючись на строгий розв'язок математичної моделі безвідривного фільтрування через початково забруднене завантаження, проаналізувати дві його стадії з потоками суспензії різної спрямованості. Потім співставляючи з результатами традиційного однібічного фільтрування, визначити можливість підвищення ефективності фільтра внаслідок його переключення.

В першу чергу було одержано точний розв'язок вказаної задачі, який виражається розрахунковими залежностями і рівняннями відносно концентрацій завислих і осаджених часток суспензії, втрат напору, для першої стадії фільтрування. Після цього він використовувався при постановці аналогічної задачі стосовно до другої стадії, коли фільтраційна течія спрямована в зворотній бік. Для другої стадії також одержано точний розв'язок, але довести його до зручного для інженерних розрахунків вигляду вдалося тільки в деяких частинних випадках, які між іншим досить часто зустрічаються на практиці.

Ефективність запропонованого прийому інтенсифікації перш за все безвідривного фільтрування оцінювалось на базі прогнозних і технологічних розрахунків шляхом

співставлення основних характеристик фільтрування у традиційних і нових умовах. В першу чергу розраховувались відносні концентрації зависі на виході з шару завантаження \bar{C}_e і час його захисної дії \bar{t}_p . Час \bar{t}_p обчислювався, враховуючи неприпустимість перевищення зростаючою величиною \bar{C}_e нормативного значення \bar{C}_* . Таким чином

$$\bar{C}_e(\bar{t}) \leq \bar{C}_*, \quad \bar{C}_e(\bar{t}_p) \leq \bar{C}_*.$$

Встановлено, що при безвідривному фільтруванні у відсутності значущого автокаталізу якість фільтрату при переключенні фільтра практично не погіршується. Тому увага в розрахунковій частині даної розробки акцентувалась на накопиченні осаду в різних частинах шару завантаження, зростанні втрат напору Δh з часом, чутливості одного з двох основних технологічних часів, а саме, часу досягнення вказаними втратами гранично допустимого значення t_h до ключових модельних параметрів. Чітко відслідковувалося суттєве уповільнення темпу зростання гідравлічного опору шару завантаження завдяки активному залученню в освітлювальний процес його віддаленої від входу ділянки. Причиною подібного уповільнення став принципово інший характер розподілу осаду по висоті після подачі суспензії в завантаження з протилежного боку. Відповідні профілі концентрації осаду набули при цьому зворотню дзвоноподібну форму з мінімумом в середині пористого шару. Було проведено багато обчислень вищезгаданого відносного технологічного часу \bar{t}_h спочатку в залежності від сорбційних властивостей фільтруючого матеріалу. Час \bar{t}_h , виходячи з обмеження на збільшення відносних $\Delta \bar{h}$, а саме,

$$\Delta \bar{h}(\bar{t}) \leq \Delta \bar{h}_*, \quad \Delta \bar{h}(\bar{t}_h) \leq \Delta \bar{h}_*,$$

де $\Delta \bar{h}_*$ – відносні гранично допустимі втрати напору. Встановлено, що застосовувати прийом інтенсифікації фільтрування, який розглядається, краще, коли цей матеріал здатний активно фіксувати завислу речовину. На завершення оцінювалась зміна часу t_h при варіюванні часу переключення фільтра і показано, що завдяки своєчасній зміні напрямку фільтрації реально досягати збільшення t_h на 25 %, а у випадку добре сорбуючого матеріалу і більше.

При відривному фільтруванні переорієнтація потоку в принципі повинна сприяти економії промивної води. При цьому безумовно протягом деякого часу після переключення фільтра слід очікувати різкого погіршення якості водоочистки, але через деякий час фільтр зможе ще довго і продуктивно працювати. Питання про тривалість подібного перехідного періоду повинно вирішуватися теоретичним шляхом на основі вже моделей відривного фільтрування.

ОЧИЩЕННЯ СІЧНИХ ВОД АВІАЦІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О. Г. Чайка

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

На сьогодні проведення екологічних досліджень рівня забруднення довкілля в зоні аеропорту, зокрема водних об'єктів, є надзвичайно актуальним, оскільки методики оцінки впливу на їх стан в недостатньо розкриті. Вирішення цього питання дасть можливість підійти до розв'язання проблем захисту та відновлення водою.

Будівлі і споруди технічного обслуговування літаків, а також будівлі та споруди підсобних приміщень – джерела виробничих стічних вод в аеропортах. Основними джерелами господарсько-побутових стічних вод є будівлі та споруди для обслуговування перевезень: аеровокзал, готель, їдальні, служби бортживлення, а також території авіамістечок, що прилягають до аеропортів. Для поверхневого стоку з території авіапідприємств характерна наявність мінеральних сумішей, нафтопродуктів, фенолів, важких металів, хімічних сумішей для миття літаків, мінеральних масел, розчинених органічних домішок та азотовмісних речовин. Встановлено, що в середньому при скиданні 1 м³ виробничих стічних вод авіапідприємств забруднюється близько 60 м³ природних вод.

Для раціонального використання водних ресурсів для потреб у різних сферах діяльності було прийнято ДБН України «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди». Згідно з цими нормами, аеропорти відносяться до підприємств, територія яких може бути забруднена специфічними речовинами з токсичними властивостями або значною кількістю органічних речовин. Саме тому поверхневі стічні води аеропортів перед скиданням у дощову каналізацію населеного пункту або централізовану систему загальносправної каналізації необхідно очистити на локальних очисних спорудах. До того ж запровадження заходів очищення поверхневих стічних вод має ґрунтуватися на даних аналізів з визначенням найменування забруднювальних речовин та їх концентрації. Варто зауважити, що вибір технологічної схеми, для очищення стічних вод необхідно здійснювати з урахуванням економічної доцільності, необхідності перевірки всіх прилеглих територій, на які можуть потрапляти забруднюючі речовини. Також потрібно звертати увагу на можливість мінімізації забруднених стічних вод за рахунок впровадження безвідходних або маловідходних технологій, можливості очищення деяких видів стічних вод та умов скидання. Рекомендується використовувати воду з поверхневих стоків, які були очищені.

Однією з найбільших проблем в авіаційній промисловості є забруднення водоймищ стічними водами. Оскільки, склад стоків є різноманітний, а водовідведення і очищення на

очисних спорудах є не завжди ефективним, після чого неочищена вода потрапляє в водойми, тим самим утворюючи інші екологічні проблеми. Тому запровадження екологічно безпечних технологій для водовідведення і очищення стоків є актуальним завданням в сьогоденні.

Стічні води з авіапідприємств транспортується каналізаційними трубами, після чого очищуються на локальних очисних спорудах або скидаються і очищуються на міських очисних спорудах. Від якості очищення стічних вод залежить який вплив на навколишнє середовище буде мати підприємство.

Для покращення очищення стічних вод рекомендується запроваджувати роздільні системи водовідведення. Ці системи включають різні водовідвідні мережі, для різних видів стічних вод, а саме для відведення поверхневих, господарсько-побутових та виробничих стічних вод.

Схема роздільного водовідведення зображена на рисунку 1.

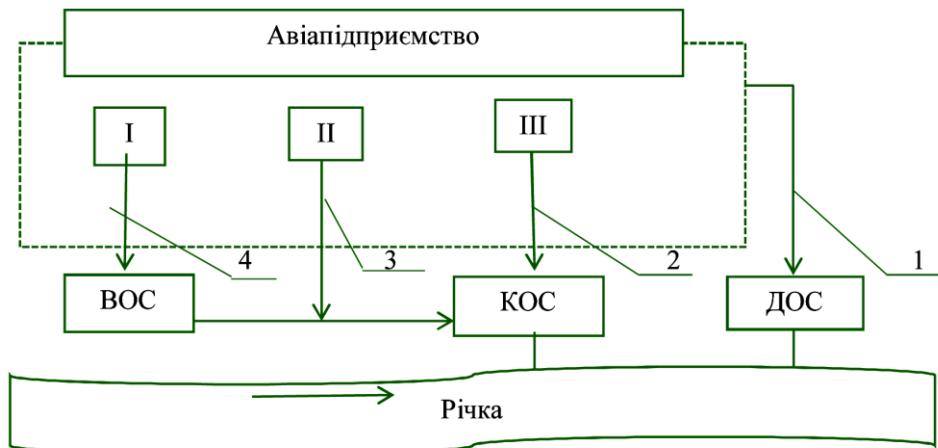


Рисунок 1. Схема роздільного водовідведення

Схема роздільної системи водовідведення авіапідприємства з окремим відведенням і очищенням усіх видів стічних вод: 1 – поверхневі стічні води; 2 – господарсько-побутові стічні води; 3 – виробничі стічні води, що можуть очищуватися на господарсько-побутових очисних спорудах; 4 – виробничі стічні води, що містять забруднення, неприйнятні для очищення на господарсько-побутових очисних спорудах; КОС – каналізаційні очисні споруди для очищення господарсько-побутових стічних вод; ДОС – очисні споруди для очищення поверхневих вод; ВОС – очисні споруди для очищення виробничих стічних вод.

Очисне обладнання допомагає зменшувати кількість забруднюючих речовин у стоках, а для зменшення рівня витрат на видобуток природних ресурсів і зменшення використання ресурсів варто впроваджувати за допомогою взаємодії з іншими підприємствами і передачі їм відходів.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ПИТНОЇ ТА ЕЛЕКТРОАКТИВОВАНОЇ ВОДИ**

В. Д. Погребенник

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Вступ. Вода – найважливіша складова середовища нашого існування. Наш організм складається більш як наполовину з води. Зневоднення на 10–20 % є небезпечним для здоров'я, особливо в спекотну пору. За життя одна людина в середньому споживає близько 75 м³ цієї життєдайної рідини. Зараз основними проблемами є умови забезпечення населення безпечною питною водою і можливості поліпшення її якості.

В Україні вже давно назріває проблема питної води, оскільки за запасами доступних до використання водних ресурсів країна належить до малозабезпечених. У маловодні роки на території України формується лише 52,4 км³/рік стоку, тобто на одну людину припадає близько 1 тис. м³. Тим часом, за визначенням Європейської економічної комісії ООН, держава, водні ресурси якої не перевищують 1,7 тис. м³ стоку на рік на одну людину, вважається незабезпеченою водою. У Канаді, наприклад, ця величина дорівнює 94,3, в Росії – 31,0, Швеції – 19,7, США – 7,4, Білорусі – 5,7, Франції – 3,4, Англії – 2,5, Німеччині – 1,9, Польщі – 1,6 тис. м³/рік.

Метою роботи є дослідження характеристик питної та електроактивованої води.

Виклад основних результатів. У Львові джерелом водопостачання є підземні води, які характеризуються високою якістю, проте застарілі технічні споруди впливають на її стан. У різних районах Львова вода відрізняється за хімічним складом і властивостями, оскільки подається з різних свердловин.

Виконано експериментальні дослідження характеристик питної води з різних районів м. Львова та електроактивованої води, отриманої під час змішування аноліту та католіту: рН, окисно-відновного потенціалу та електропровідності.

Для вимірювання значень рН і окисно-відновного потенціалу використано рН-метр “рН-301”, для вимірювання електропровідності – прилад DIST-3 виробництва “HANNA” (Німеччина).

Виявлено, що в усіх пробах вимірювані показники знаходяться у межах встановлених вимог відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”, затверджені наказом МОЗ №400 від 12.05.2010 р. Показники ОВП майже усіх проб води, взятих у різних районах Львова, мають негативне значення в межах від -8,1 до -27,1 мВ і лише в Личаківському р-ні значення ОВП становить +11,0 мВ.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Встановлено, що електропровідність не перевищує норму ≤ 2500 мкСм/см: найменше середнє значення у воді Франківського р-ну – 363,2 мкСм/см, а найбільші значення зафіксовано у воді Личаківського р-ну – 702,6 мкСм/см і дещо менше у Залізничному р-ні – 623,3 мкСм/см, проте найкращою є вода Сихівського р-ну, а найменш якісною – вода Личаківського р-ну.

Рівень рН у воді становить 6,8-7,5. Найменший показник у пробі води, взятої у Личаківському р-ну – 6,8, а найбільший – у Сихівському р-ні – 7,5.

Досліджено характеристики електроактивованої води щодо зміни співвідношення кількості “живої” та “мертвої” води на показники води, а саме окисно-відновний потенціал, рН та електропровідність.

Метою експерименту було отримання води з найменшим негативним потенціалом. Для виконання досліджень взято питну воду з крану з такими показниками: рН – 7,1, ОВП – –8,9 мВ, питома електропровідність – 464 мкСм/см.

За допомогою електролізера “Ековод” отримано “мертву” (аноліт), та “живу” (католіт) воду з показниками: ОВП “живої” води становить –114,3 мВ, рН – 8,7, електропровідність – 170 мкСм/см, “мертвої” води ОВП – +229,5 мВ, рН – 3,4, електропровідність – 615 мкСм/см.

Перший розчин аноліт–католіт (А:К) підготовлено у співвідношенні 1:2 (40мл:80мл) і отримано такі результати: ОВП – 56,8 мВ, рН – 6,0, електропровідність – 205 мкСм/см. Оскільки корисною для здоров'я є вода з негативним значенням ОВП та рН 7,5-8,5 пропорцію розчину аноліт–католіт збільшено до 1:3 (40мл:120мл), поступово додававши по 5мл розчину католіту. У результаті вимірювань встановлено, що показник ОВП поступово зменшувався, а рН і електропровідності навпаки збільшувалися: при досягненні пропорції 1:3 ОВП води становив 2,2, а рН – 6,9, електропровідність – 233 мкСм/см.

Негативне значення ОВП – –0,8 мВ вдалось досягнути, коли кількість католіту становило 125 мл (при вмісті аноліту 40мл), в той же час рН – 7,0 та електропровідність – 240 мкСм/см. При подальшому збільшенні кількості розчину католіту до співвідношення 1:4 ОВП води становив –22,8 мВ, рН – 7,3, а електропровідність 240 мкСм/см.

Висновки. Виконано експериментальні дослідження шести проб води різних районів м. Львова та встановлено, що в усіх пробах вимірювані показники знаходяться у межах встановлених вимог відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”.

Виявлено, що за зміни співвідношень об'ємів аноліту і католіту від 1:2 до 1:4 рН змінюється від 6,0 до 7,36, питома електропровідність від 205 до 240 мкСм/см, а значення окисно-відновного потенціалу – від +57 мВ до –23 мВ. Для отримання негативного значення ОВП у розчині аноліт–католіт доцільно збільшувати співвідношення католіт–аноліт до 4:1.

СОРБЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ТОРФУ ДО БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

О. В. Мацуська, О. П. Сухорська

Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького, Львів, Україна

Досить серйозною екологічною проблемою України й надалі залишається очищення промислових стоків, зокрема підприємств агропромислового комплексу (АПК). Дані стічні води являються складними багатокомпонентними системами, що містять у своєму складі забрудники як органічного так мінерального походження. Зокрема, тут спостерігається значне перевищення допустимих норм за вмістом біогенних елементів.

Природні сорбенти, поклади яких зосереджено у багатьох районах України, являються дешевою сировиною в технологіях очищення стічних вод. У межах Львівської області налічують 168 родовищ торфу, площа промислової глибини яких становить 48 123 га.

Метою даної роботи є встановлення адсорбційної здатності торфу Верещиця-Янівського родовища за результатами експериментальних модельних досліджень.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

- здійснити аналіз екологічної оцінки стічних вод АПК, зокрема, вмісту біогенних елементів;
- дослідити адсорбційну здатність торфу (верхового та низинного) Верещиця-Янівського родовища щодо забрудників стоків харчової промисловості, а саме азоту амонійного та фосфатів;

За результатами аналізу екологічної оцінки стічних вод м'ясопереробних підприємств встановлено перевищення допустимих норм за вмістом азоту амонійного – 1,3-3 ГДК, фосфатів – 2,4-3 ГДК. У стоках птахофабрик концентрація азоту амонійного і фосфатів становить відповідно: 3,8 ГДК та ~10 ГДК. У стічних водах молокопереробних підприємств – вміст азоту амонійного сягає 2,5 ГДК, фосфатів – 4,3-10 ГДК.

Дослідження адсорбційної здатності торфу здійснювали у статичних умовах при періодичному перемішуванні модельних розчинів (по 100 мл) із попередньо висушеними пробами сорбенту (верхового та низинного ~ 3 гр) протягом двох діб при температурі $+(20\pm 0,5)^{\circ}\text{C}$. Діапазон концентрацій забруднюючих компонентів у експериментальних розчинах відповідав вмісту тих же забрудників, що у реальних стічних водах АПК: Споч. азоту амонійного – 20-70 мг/дм³; Споч. фосфатів 20-100 мг/дм³.

Ізотерми сорбції йонів амонію та фосфатів на верховому на низинному зразках торфу представлено на рис. 1,2.

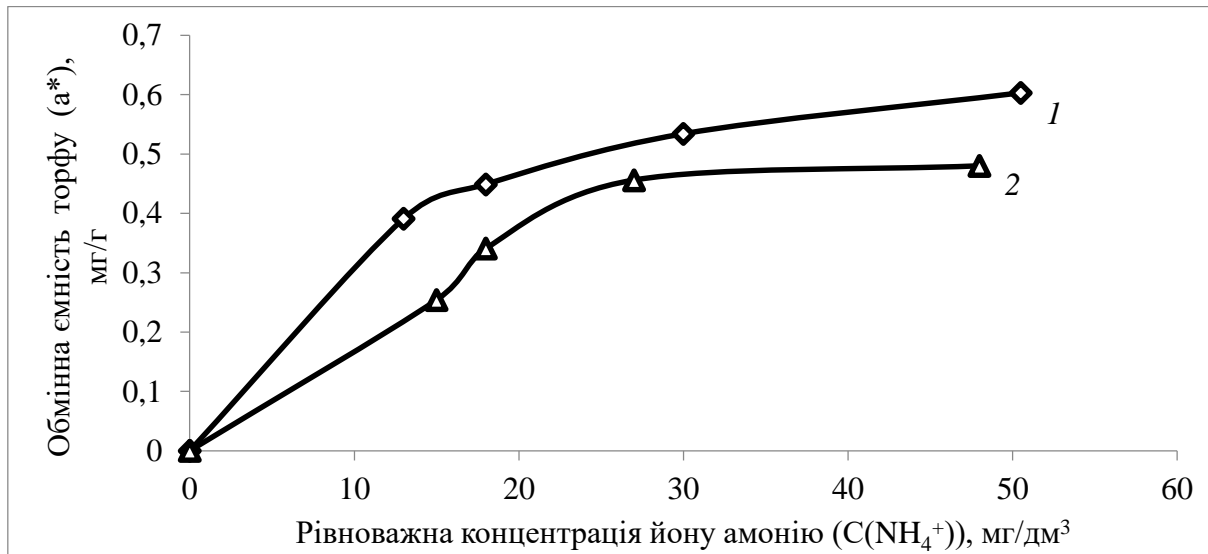


Рис. 1. Ізотерма сорбції йонів амонію на торфі родовища Верещиця-Янівське:
1 – низинна проба; 2 – верхова проба

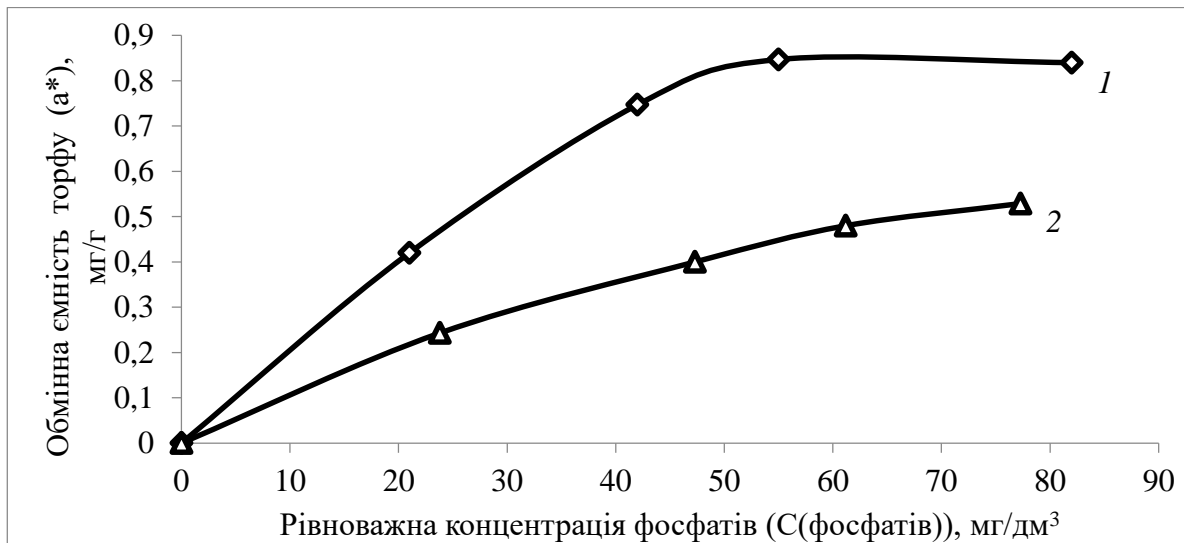


Рис. 2. Ізотерма сорбції фосфатів на торфі родовища Верещиця-Янівське:
1 – низинна проба; 2 – верхова проба

Отже, торф Верещиця-Янівського родовища має здатність вилучати із води біогенні елементи, проте сорбційні властивості низинного торфу є вищими від верхового (рН низинного торфу – 5,08, верхового – 5,29).

Макромолекули гумінових речовин, що є основою торфу, за рахунок водневих зв'язків та полівалентних йонів, можуть «зшиватися» з утворенням просторових структур, які здатні поглинати та утримувати велику кількість води з розчиненими в ній речовинами. Це підтверджується встановленою також у процесі досліджень різною втратою вологи низинного та верхового проб торфу – 45-53% та 35-41% відповідно.

ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДВОХЯРУСНОГО ФРОНТАЛЬНОГО ВОДОЗАБОРУ НА ПЕРЕДГІРСЬКІЙ ДІЛЯНЦІ РІЧКИ

В. В. Вечер, Л. О. Токар, Л. А. Шинкарук

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна

Забір води з гірських та передгірських ділянок річок супроводжується попаданням як зважених, так і придонних наносів у водоприймачі, які відкладаються в головній частині каналу. Вивчення закономірностей проникнення наносів в канали в залежності від коефіцієнта водозабору, схем маневрування затворами при різних режимах роботи дозволить краще оцінити можливість застосування даного водозабору і рекомендувати найбільш прийнятні схеми маневрування затворами.

В роботі приведено результати досліджень фронтального двохярусного водозабору на передгірській ділянці річки. В лабораторних умовах досліджено процес переносу наносів в руслі на підході до водоприймача та їх захват у канали при різних гідравлічних режимах роботи та схемах маневрування затворами.

Дослідження виконано для умов головної споруди на р. Черек, яка забезпечує водою Черексько-Урванські зрошувальні системи. Річка Черек відноситься до басейну р. Терек. У верхів'ї вона є типовою високогірною річкою, що протікає у вузькій долині між ущелинами. Дещо вище вибраного створу Черек виходить на передгірську долину. В створі гідровузла вона протікає в широкій (до 2-х кілометрів) алювіальній валунно-гальковій заплаві. Головну споруду запроектовано для забезпечення подачі води на обидва береги – канали Аксира (правий берег) і Урвань (лівий). На час проектування ці канали діючі і працювали як безгреблевий водозабір.

Модель було виконано за проектними матеріалами і відтворювала ділянку річки довжиною 315 метрів у масштабі 1:35. Русло моделі виконано з крупнозернистого піску, який рухався згідно з умовами в натурі. Укоси струмененапрямних дамб закріплено цементним розчином. Всі споруди виконано з дерева та металу. За водопропускними спорудами на моделі виконано відстійники для перехвату наносів.

Під час досліджень вивчали роботу водозабору при пропуску трьох характерних витрат води річки: повенева витрата забезпеченістю 10% – 293 м³/с (близька до руслоформуючої витрати), повільна середня по водності (181 м³/с) та мінімальна витрата Q=125 м³/с, що відповідає початку масового руху наносів у руслі. Було підібрано гранулометричні склади наносів, що рухались у вигляді гряд для кожної витрати з урахуванням даних ситового аналізу проб руслових відкладень. На моделі вивчались характер і напрям підходу потоку до

споруди, формування гряди наносів на підході, вплив вторинних течій на захват наносів в залежності від витрати в річці, розподілу витрат між водопропускними та водозабірними отворами. Дослідження проводились в умовах усталеного руху наносів на моделі, про що свідчила рівність об'єму поданих на модель і зібраних у відстійниках в кінці моделі наносів.

Протинаносні властивості водозабору оцінювали відсотком захвату наносів у кишеню та у канали, а також відповідним йому наносним параметром, який рівний відношенню відсотка захвату наносів у відвід до відсотка водозабору. Наносний параметр характеризує відношення наповнення води наносами у відводі і у підвідному руслі і характеризує ступінь очищення води від донних наносів і, відповідно, виявляє роль водозабірної споруди у боротьбі з наносами.

Основні висновки зводяться до наступного:

При всіх досліджених режимах роботи водозабору захват наносів в канали залишається значним. При односторонньому водозаборі погіршуються умови фронтального підходу потоку і, як наслідок, в канал проникає ще більше наносів. Крупність наносів, що попали в канали відповідає не лише піску, але і крупній гальці. При збільшенні витрати води у річці (середні повені, що часто повторюються) протинаносні властивості водозабору погіршуються.

Основною причиною попадання наносів у канали є виникнення безпосередньо біля входу у аванкамери інтенсивних вторинних течій, які зважають наноси у верхні шари потоку і останні легко попадають у канали. Ці течії виникають за укосом наносної гряди і біля зони стискання потоку при обтіканні роздільних стінок.

Динамічна вісь потоку на підході до водозабору є стабільною лише при пропуску витрати 10% забезпеченості, яка відповідає руслоформуючій витраті. При менших витратах, що має місце в 9 випадках з 10, це русло нестійке, при цьому динамічна вісь потоку буде змінюватись в часі, а значить створюються умови для бокового підходу води до водоприймачів із всіма наслідками, щодо наносів, які будуть попадати у канали. Для зменшення поступлення наносів рекомендується забезпечити, по можливості, роботу промивних галерей з максимальними витратами при всіх режимах роботи водозабору. За промивними галереями відкладається значна кількість наносів, які знаходяться поза зоною промиву греблі і можуть створити певні експлуатаційні труднощі у процесі експлуатації. Для даного типу водозабору характерним є складність конструкції, значна кількість затворів на різних берегах, що вимагає відповідних експлуатаційних затрат. Таким чином підтверджується той факт, що двоярусні водозабори краще працюють на рівнинних ділянках річок і для розглянутого створу необхідно рекомендувати водозабір принципово іншого типу.

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ БІОЛОГІЧНОГО
ДООЧИЩЕННЯ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СТОКІВ
ЗА ДОПОМОГОЮ ЕМ-ТЕХНОЛОГІЙ**

Н. І. Магась, Г. Г. Трохименко

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Миколаїв, Україна

Одним із важливих питань у сфері підвищення рівня екологічної безпеки регіону є нормалізація екологічного стану басейнів річок. Вирішення такого завдання можливе лише з впровадженням низки як організаційних, так і технічних заходів зниження техногенного впливу на водні об'єкти. Тому, розробка нових і вдосконалення існуючих методів очищення промислових та комунальних стічних вод є дуже актуальним.

При проведенні оцінки рівня навантаження на водні об'єкти на території Миколаївської області було встановлено, що на якість води найбільше впливають підприємства житлово-комунальних господарств. Вони забезпечують найбільшу частку забруднення амонійним азотом, нітритами, нітратами, фосфатами, БСК₅, ХСК, нафтопродуктами, а також важкими металами – залізом, міддю, цинком та сполуками хрому. Для підвищення ефективності їх роботи необхідним є вирішення наступних науково-технічних завдань:

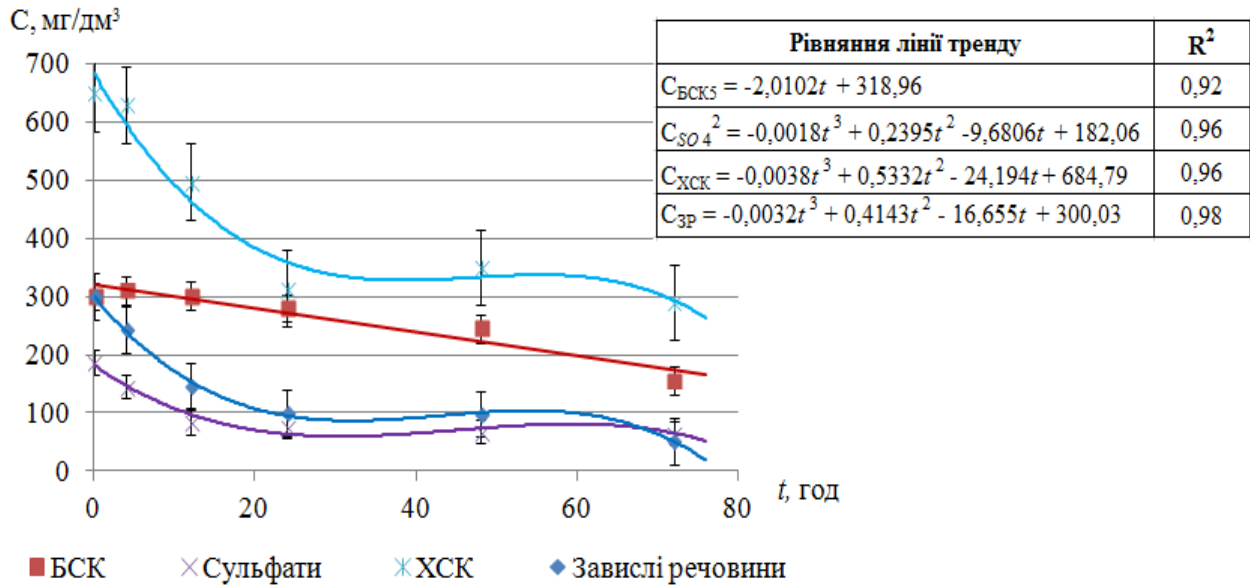
1. підвищення ефективності очищення води від біогенних елементів та нерозчинних речовин за рахунок інтенсифікації процесів біологічного очищення води, їх механічного доочищення;
2. організація локальних безвідходних очисних споруд для очищення води від іонів важких металів та забезпечення переходу до замкнутих безстічних систем водокористування на промислових підприємствах області.

Згідно результатів оцінки ступеня екологічної небезпеки точкових джерел забруднення водного середовища у межах Миколаївської області було встановлено, що до найбільш небезпечних підприємств, належать очисні споруди каналізації МКП «Миколаївводоканал».

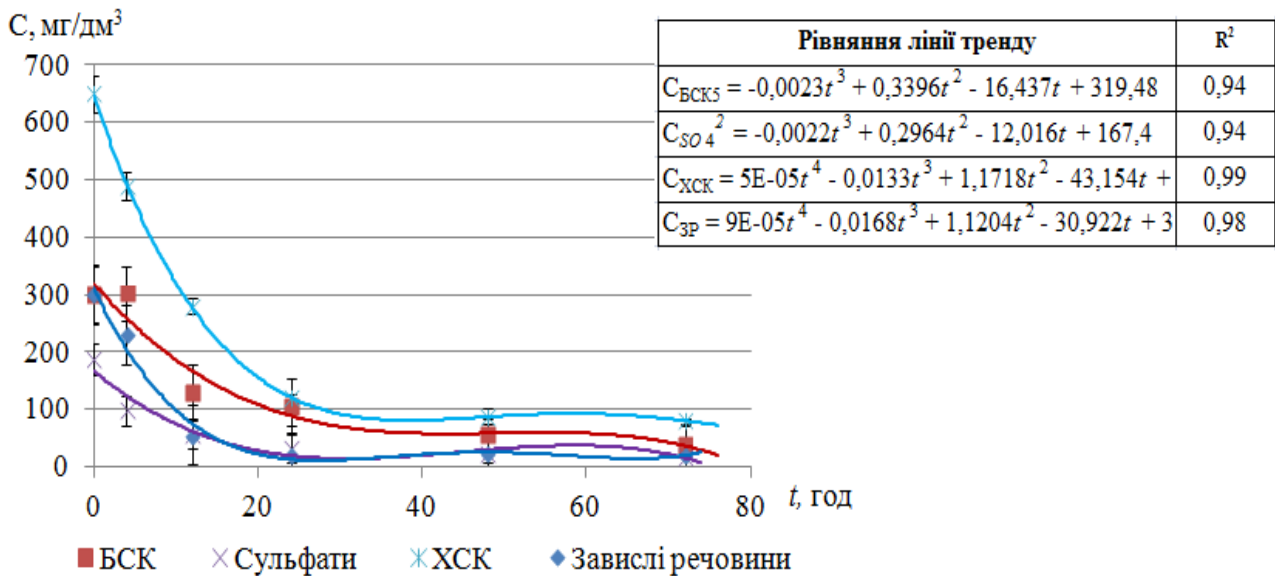
З урахуванням техногенного ризику даного підприємства, шкідливого впливу скидів на екосистеми, навантаження на водний об'єкт нами було запропоновано схему реконструкції очисних споруд підприємства та встановлено закономірності впливу ефективних мікроорганізмів (ЕМ-препаратів) на ступінь біологічного очищення комунально-побутових стічних вод.

Враховуючи ефективність ЕМ-препаратів для очищення стічних вод, що надходять на очисні споруди МКП «Миколаївводоканал» (рис. 1), встановлено, що даний препарат можна

рекомендувати для доочищення води на даному комунальному підприємстві як безпосередньо у відстійниках, так і при комплексному використанні в аеротенках.



a



b

Рисунок 1. Динаміка зміни концентрації завислих речовин, БСК₅, сульфатів та ХСК при застосуванні ЕМ-препаратів для доочищення стічної води МКП «Миколаївводоканал»:

a – без аерації; б – з аерацією

Отримані результати дослідження свідчать, що впровадження запропонованих заходів дозволяє значно знизити рівень техногенного впливу МКП «Миколаївводоканал» та аналогічних комунальних підприємств на гідроекосистему та підвищити рівень екологічної безпеки водних об'єктів Миколаївської області.

**РЕАГЕНТНИЙ СПОСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ
НАДЛИШКОВОГО АКТИВНОГО МУЛУ СПОРУД БІООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

В. В. Никифоров, А. І. Святенко, А. В. Пасенко, Т. М. Ротай

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук, Україна

На сьогодні у зв'язку із погіршенням якості води у відкритих водоймах в країні гостро стоїть проблема щодо зменшення антропогенного навантаження на басейни водних об'єктів поверхневих вод. У значній мірі цю проблему можна вирішити за рахунок підвищення ефективності роботи споруд біологічного очищення комунальних підприємств, що скидають недостатньо очищені стічні води у водойми. У процесі біологічного очищення стічних вод в аеротенку утворюється значна кількість осаду – надлишкового активного мулу, зневоднення якого для подальшої утилізації технологічно ускладнено. Осади стічних вод відносяться до категорії матеріалів, що стискаються та деформуються при збільшенні тиску, при цьому питомі опори осадів зі збільшенням тиску підвищуються. Питомий опір активного мулу різко збільшується з підвищенням концентрації мулу. Таким чином, намагання ущільнити активний мул з метою максимального підвищення його концентрації призведе до зростання питомого опору, і таким чином, до зниження ефективності його зневоднення. Враховуючи вищесказане, метою роботи було удосконалення технологічних прийомів підвищення ефективності процесу зневоднення надлишкового активного мулу реагентним способом для його подальшої утилізації. В експерименті на очисних каналізаційних спорудах лівобережної частини м. Кременчука досліджено динаміку осадження активного мулу із застосуванням коагулянту $Al_2(SO_4)_3$.

За отриманими результатами зроблені висновки:

- 1) найкращий результат щодо осадження активного мулу досягається при оптимальній дозі коагулянту алюміній сульфату $Al_2(SO_4)_3$, що дорівнює 0,49 %; час відстоювання стічної води при цьому зменшується, що сприяє підвищенню ефективності процесів ущільнення та зневоднення мулу;
- 2) при оптимальній дозі коагулянту підвищується вологовіддача осаду, зменшується вміст зв'язаної води у ньому, що призводить до зростання граничної концентрації сухої речовини, а це, у свою чергу, підвищує здатність осаду до зневоднення;
- 3) рекомендується ввести до технологічної схеми обробки надлишкового активного мулу на КОС лівобережної частини м. Кременчука стадію коагуляції із застосуванням мінерального коагулянту алюміній сульфату $Al_2(SO_4)_3$.

**АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ІОНІВ МІДІ
З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

Г. Г. Трохименко, В. М. Недорода

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна

Однією з найважливіших подій в історії розвитку нанобіотехнології стало відкриття у 1991 р. нової форми нановуглецю – нанотрубок. Вуглецеві нанотрубки (ВНТ) – мультифункціональні матеріали, які сьогодні активно досліджуються у зв'язку з їх унікальними властивостями. ВНТ стали головним наноматеріалом (НМ) для очищення води. Вони можуть видаляти органічні, неорганічні та біологічні забруднювачі. Це пояснюється великою площею поверхні, високим співвідношенням сторін та значною хімічною активністю. Висока питома поверхня (до 2600 см²/г), властива цим структурам, сприяє їх унікальним сорбційним характеристикам. Крім того, поверхня нанотрубки має значну кількість подвійних вуглецевих зв'язків, що відкриває можливість приєднання різних молекулярних комплексів, які також можуть характеризуватися підвищеними сорбційними властивостями. Дана якість ВНТ відкриває перспективи їхнього використання в якості сорбенту у сучасних технологіях водоочищення.

Детальне дослідження сорбційної здатності ВНТ за відношенням до свинцю і кадмію, а також до діхлорбензолу, присутність яких в стічних водах становить значну екологічну загрозу, виконано групою дослідників з Ноттінгемського університету (Англія) і Академії наук Китаю. В експерименті використовували чотири зразки багатопарових ВНТ, отриманих термокаталітичним CVD методом із застосуванням різних вуглеводнів в якості джерела вуглецю.

Нами проведені дослідження з використанням очищених та неочищених вуглецевих багатопарових нанотрубок, що виготовлені ООО Укрпромстач згідно ТУ У 24.1-03291669-009:2009, у вигляді легкого чорного порошку з точковими включеннями незначної кількості білих або жовтих частинок (залишків каталізатора, що не прореагували). Характеристики СНТ: насипна щільність – 20-40 г/дм³, масовий вміст золи – 8-22 %, питома поверхня неочищених нанотрубок – 200-400 м²/г, питома поверхня нанотрубок після кислотного очищення від мінеральних домішок – 200-400 м²/г, зовнішній діаметр – 10-40 нм. В експерименті використовували модельні розчини міді різних концентрацій. Використовували як чисті нанотрубки, так і в комбінації із паперовим фільтром. Нажаль, ефективність очищення води з використанням представлених зразків ВНТ від іонів міді була невисокою: коливалися на рівні 20-30%, що свідчить про необхідність підвищення сорбційних властивостей за рахунок додаткової обробки та активації.

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПОВОДЖЕННЯ
З ТОКСИЧНИМ ВОДНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ**

І. М. Петрушка, М. В. Руда, А. М. Гивлюд, К. І. Петрушка

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Практично всі поверхневі і значна частина підземних водних ресурсів, особливо в районах розташування потужних промислових комплексів, відчувають антропогенний вплив, що підтверджується щорічно зростаючими об'ємами скиду умовно і нормативно очищених стічних вод.

У 2017-2018 р. в поверхневі водні об'єкти скинуто 9897 млн. м³ стічних вод. Частка забруднених стічних вод у загальному водовідведенні у 2018 р. – 43,7 % в порівнянні з 2017 р. – зросла майже на 10 %.

Накопичення токсичних складових стічних вод створює суттєву техногенну небезпеку водноресурсному потенціалу держави.

Повною мірою це стосується і стоків, забруднених речовинами, які відносяться до 2–4-го класу небезпеки такі як органічні барвники, органічні розчинники та радіонукліди, які є одними із найнебезпечніших для гідросфери.

Зменшити концентрацію органічних речовин у стічних водах до гранично-допустимих, можливо адсорбцією, зворотнім осмосом, ультрафільтрацією, електродіалізом, іонним обміном. З стічних вод легко адсорбуються активованим вугіллям акрилонітрин, анілін, бензин, хлорбензол, циклогексан, крезол, фенол та інші органічні речовини .

Проте, розроблені вітчизняними та зарубіжними вченими вискоєфективні методи очищення на основі процесу адсорбції в основному спрямовані на нейтралізацію одного з забрудників з стічних вод. Крім того їх широкомасштабне впровадження вимагає часткової, або повної заміни очисного обладнання.

Поряд із синтетичними адсорбентами, які традиційно застосовуються у цих процесах (активоване вугілля, силікагелі, штучні цеоліти) в останній час проводиться ряд досліджень та практичних впроваджень як адсорбентів природних дисперсних мінералів .

Разом з тим постійний інтерес науковців до теоретичних та експериментальних досліджень процесу адсорбції з розчинів на міжфазній межі «тверде тіло – рідина» обумовлений важливістю цього явища для широкого ряду хімічних, біологічних та геохімічних процесів.

На основі наведеного можна стверджувати, що дослідження скеровані на розширення спектру використання природних та модифікованих сорбентів при адсорбційному очищенні

стічних вод від забрудників 2-4 класу небезпеки, є актуальними і дозволяють мінімізувати екологічну небезпеку від забруднення гідросфери.

Мінерально-сировинна база України є достатньо вагомою у світовому вимірі, що підтверджує Закон України № 4731-17 «Про затвердження загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року».

Згідно з техніко-економічними розрахунками приведеними в програмі потреба в мінерально-сировинних ресурсах базується на освоєнні новітніх технологій.

До такої мінеральної сировини відносяться і природні сорбенти.

Проте їх використання в природоохоронних технологіях (на прикладі бентонітових мінералів) є мізерно мале і складає – 4% в порівнянні з іншими галузями наприклад ливарне виробництво – 52%, харчова промисловість – 6%, сільське господарство – 18% (рис. 1).

Доцільність та перспективність використання природних сорбентів доведена працями таких вчених школи академіка Овчаренка Д.Р. (Тарасевич Ю. І., Манк В.В., Мельник Л.В., Мальований М.С.).

Завдяки пористій структурі та високорозвиненій поверхні такі мінеральні сорбенти як бентоніт, палигорськіт, глауконіт проявляють високі адсорбційні, каталітичні та іонообмінні властивості і здатні селективно вилучати з водних розчинів різні класи речовин в тому числі і радіоактивні ізотопи.

Їхня не токсичність робить можливим використання цих реагентів для потреб різних галузей промисловості. Економічна доцільність використання цих реагентів в різних технологічних процесах зумовлюється: існуванням ефективних методів регулювання їхньої геометричної структури та хімічної природи поверхні, а також наявністю в Україні великих промислових родовищ і невисокою вартістю мінералів.

Одним з ефективних методів вилучення забруднення надзвичайно широкої природи практично до будь-якої остаточної концентрації, незалежно від їх хімічної стійкості є сорбційний метод – масообмінним процесом якого можна регулювати та прогнозувати. Саме тому він і вибраний нами як перспективний для очищення стоків від забрудників.

На основі наведеного можна стверджувати, що дослідження, скеровані на ґрунтовне вивчення питань, пов'язаних з ефективним методом адсорбційного очищення забруднених рідинних середовищ природними сорбентами, є актуальними і дають можливість мінімізувати екологічну небезпеку від забруднення гідросфери органічними барвниками, розчинниками та радіонуклідами.

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНОГО МІКРОПОКРИТТЯ НА ДІЛЯНКАХ ТРУБОПРОВODІВ

Л. С. Дерев'янкіна, А. А. Топоров

Донецький національний технічний університет, Покровськ, Україна

Одним з актуальних питань у сфері водопостачання є незадовільний технічний стан водопровідних мереж. Проведений аналіз деяких ділянок трубопроводів (29 одиниць з 2-х населених пунктів), а саме: матеріалів, з яких вони виготовлені, прокладена довжина, зношеність, показав, що 24 ділянки виготовлено з чавуну та сталі, та 5 ділянок – з поліетилену. Прокладена довжина складає: село № 1 – 56,13 км та село № 2 – 5,3 км. Зношеність трубопроводів має показник від 80 % до 90 %, за виключенням, у разі заміни деяких труб на 5 ділянках, складає до 5 %. З них аварійні – 12 ділянок.

Задля поліпшення технічного стану існуючих трубопроводів та вдосконалення нових, досліджено нанесення захисних мікропокриттів на поверхні методом холодного газодинамічного напилювання частинок. Холодне газодинамічне напилювання – це різновид надзвукового газополуменевого напилювання. Кінетична енергія частинок, що напилюються, при цьому збільшується, а теплова енергія зменшується. Тим самим можна створювати повністю безоксидні покриття. Дослідженням холодного газодинамічного напилювання займаються вітчизняні та зарубіжні вчені, найбільш детальні дослідження зроблено А. Алхимовим, А. Папірнім та ін. Обробка проблемних ділянок трубопроводів методом холодного газодинамічного напилювання частинок створює на поверхні захисне покриття, що підвищує їх надійність та забезпечує підвищення якості води, що транспортується трубопроводами, оскільки знижує вторинне забруднення води домішками. В дослідженні встановлено основні закономірності взаємодії мікрочастинок з робочими поверхнями трубопроводу, що має мікрodefекти (рис. 1 а, б):

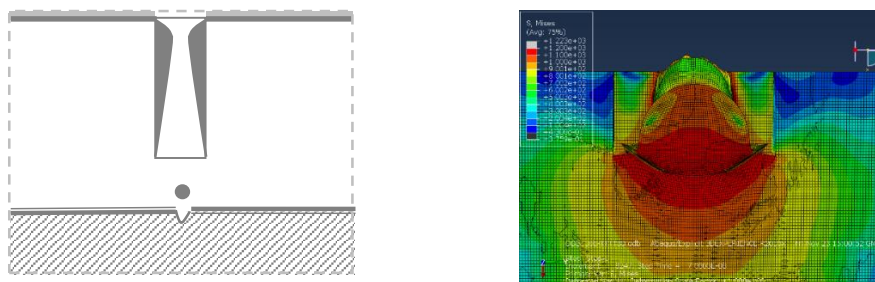


Рисунок 1. Схема напилювання частинки на дефект методом холодного газодинамічного напилювання: (а) частинка та дефект збільшені для наглядного представлення; (б) розподіл механічної напруги по Мізесу

Досліджено процес взаємодії між частинками, що напилюються, та поверхнею сталевих трубопроводів, яка має дефекти.

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ
ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНОГО ФІЛЬТРА ПРИ ПІДГОТОВЦІ ПОВЕРХНЕВОЇ ВОДИ**

С. Мартинов, А. Орлова, В. Зошук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Для очищення поверхневих вод, які використовує більшість населення України для питних потреб, від грубодисперсних, колоїдних та інших забруднень найчастіше застосовуються реагентні методи прояснення та знебарвлення води. В таких технологічних схемах використовуються фільтри із зернистою засипкою природного або штучного походження, як самостійні споруди або після першого ступеня прояснення поверхневої води. Однією з економічно доцільних засипок є пінополістирол. Проте, отримати рекомендований нормативною літературою гранулометричний склад пінополістирольної засипки достатньо складно, що пов'язано із складністю процесів її приготування безпосередньо біля фільтрувальних споруд та невідповідністю гранулометричного складу при промисловому виготовленні. Для зменшення витрат на будівництво та експлуатацію станцій очищення поверхневої води з пінополістирольними фільтрами важливо правильно встановлювати раціональні параметри фільтрувальних споруд (висота завантаження, швидкість та тривалість фільтрування тощо) від гранулометричного складу засипки. Для вирішення даного завдання нами розроблена математична модель очищення поверхневої води на пінополістирольному фільтрі, яка складається з двох блоків: прояснювального та фільтраційного. Перший блок представлений рівняннями матеріального балансу та кінетики протікання процесу, початковою та граничними умовами. В цих рівняннях враховано зміну процесів прилипання та відриву забруднень за висотою засипки. Другий блок описується рівняннями зміни гідравлічного уклону, поруватості засипки та загальних втрат напору. Модель розв'язується із використанням методу Ейлера в MathCAD. Ідентифікація коефіцієнтів моделі проведена із залученням експериментальних даних, які отримані при очищенні води р. Горинь за одноступеневою реагентною схемою з пінополістирольним фільтром.

Проведене комп'ютерне моделювання роботи пінополістирольного фільтра з різними вихідними даними дозволило встановити раціональні конструктивно-технологічні параметри таких фільтрів для очищення води р. Горинь. Комп'ютерний експеримент показав, що ефективність очищення води вища для однорідної засипки, в порівнянні з неоднорідною засипкою, при однакових інших початкових даних. Ефективність очищення води при низхідному фільтруванні вища, ніж при висхідному, що пояснюється різними епюрами розподілу забруднень за висотою засипки.

ВИКОРИСТАННЯ *LEMNA MINOR* ДЛЯ ДООЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД СОЛОДОВОГО ЗАВОДУ ВІД СПОЛУК ФЕРУМУ

М. С. Коренчук, Л. А. Саблій

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Діяльність промислових підприємств харчової промисловості, зокрема солодових виробництв, включає технологічні процеси промивки і обробки сировини, в результаті яких утворюються стічні води, що містять завислі домішки, розчинені органічні речовини, сполуки азоту й фосфору, іони важких металів, зокрема феруму, солі та ін. у концентраціях, які перевищують норми, і тому потребують належного очищення перед відведенням у природну водойму.

Метою даної роботи є визначення раціональних параметрів очищення стічних вод солодового заводу від сполук феруму у проточному експериментальному біореакторі із застосуванням ряскових і встановлення впливу вихідної концентрації феруму, кількості внесеної біомаси та тривалості процесу очищення на зниження вмісту сполук феруму у стічній воді.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Провести серію досліджень у напіввиробничому експериментальному біореакторі протягом тривалого часу з різними технологічними показниками (величини біомаси ряски і біоплівки, витрата стічної води) при наявності коливань складу стічної води на вході.

2. Проаналізувати отримані експериментальні дані і встановити раціональні параметри процесу.

Для виконання досліджень застосовували напіввиробничу установку, яка була включена в технологію після біологічного очищення в аеротенках. Установка об'ємом 225,6 дм³ складається з 4 прямокутних ємностей розмірами 1410x250x250 мм з рівнем води h=160 мм, на поверхні якої знаходиться ряска. В ході досліджень змінювали витрати стічних вод – 19, 28 і 75 дм³/год та величини біомаси – 12 і 25 г на 1 дм³ води в біореакторі. Показники складу стічних вод наведені в таблиці.

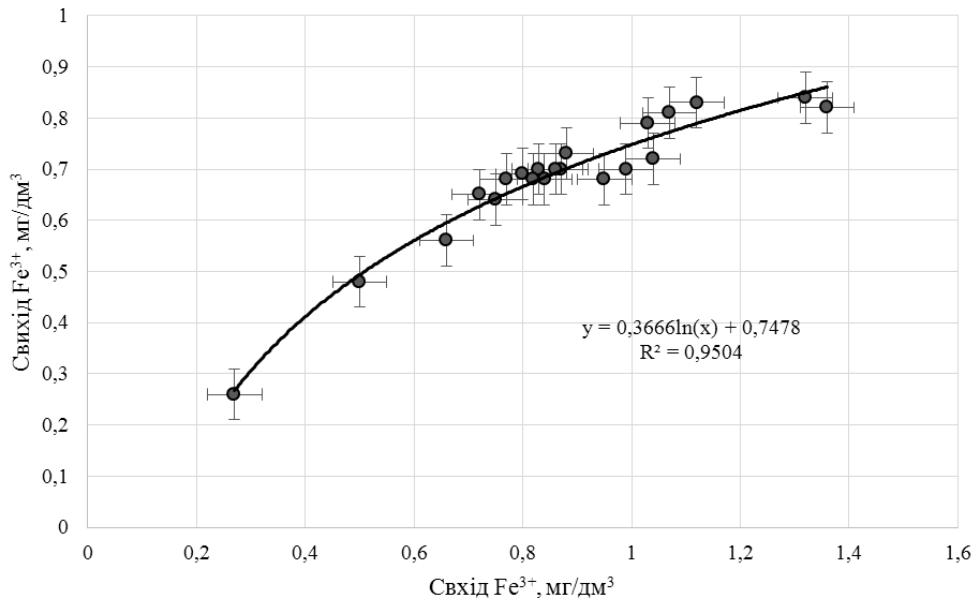
Характеристика складу стічних вод солодового заводу

Показник	pH	ХСК, мг/дм ³	ЗР, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	P ₂ O ₅ ³⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Fe _{заг} , мг/дм ³
Вхідна	6,8	2850	290	32,0	0,08	-	61	121	2,2
Очищена	7,0	115	24	1,5	0,02	30	10	34	0,9

Примітка: ЗР – завислі речовини.

Як виявлено з одержаних результатів відсутня суттєва зміна ступеня очищення стічних вод солодового заводу від іонів феруму при зміні витрати стічної води та величини біомаси,

що відображено на рисунку. Очевидно, що зниження концентрації феруму відбувається за логарифмічною залежністю, яка вказує на зростання ефекту очищення із зростанням концентрації феруму у стічній воді на вході у біореактор. Це можна пояснити тим, що частина забруднень представлена, вірогідно, формами феруму, міцно зв'язаними з органічними молекулами, які не випадають в осад і не видаляються рослинами. Різке збільшення ступеня очищення за високих концентрацій феруму можна пояснити наявністю хелатованих комплексів феруму (III), які відновлюються на поверхні коренів рослини і сорбуються нею [18], а при значному зростанні концентрацій утворенням гідроксиду феруму.



Залежність концентрації феруму (III) в стічній воді на виході з біореактора від концентрації феруму (III) на вході в установку при досліджуваних витратах стічних вод і величинах біомаси

В результаті проведених на діючих очисних спорудах для очищення стічних вод солодового заводу досліджень, які було виконано на напіввиробничій установці для біологічного доочищення стічних вод від сполук феруму, вперше встановлено, що ефект очищення стічних вод від іонів феруму в біореакторі з *Lemna minor* досягає 40% і залежить від вихідної концентрації сполук феруму у воді. В діапазоні концентрацій від 0,2 до 1,3 мг/дм³ було виявлено логарифмічний характер біологічного процесу. Виявлено, що за даних умов раціональні значення тривалості процесу очищення становить 3-8 год при величині біомаси *Lemna minor* не більше 12 г/дм³.

ПРАВОВЕ ПІДґРУНТЯ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

З. С. Одноріг, Р. В. Манько

Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

Організація системи досліджень якісного та кількісного стану поверхневих і підземних вод (водний і гідроекологічний моніторинг) з метою прогнозування ризиків функціонування річкової екосистеми в майбутньому є актуальною. Основи державної системи моніторингу вод базуються на ЗУ «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991), ПКМУ №391 «Про затвердження положення про державну систему моніторингу довкілля» (1998р., зі змінами згідно постанови КМУ від 16.05.2001 р. № 528), ПКМУ № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод», наказів Мінекології «Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод» (2001), «Рекомендації щодо співставлення даних моніторингу вод» (РД 211.1.8.103-2002) та інші.

Узагальнена схема оцінки якості довкілля здійснюється згідно таких етапів:

- оцінка шляхом постійного моніторингу;
- розташування постів спостережень у чітко встановлених місцях із наперед визначеною частотою відбору проб;
- проведення лабораторного аналізу акредитованою лабораторією за визначеними методиками та протоколювання отриманих даних (звіт);
- застосування накопиченої бази даних для обґрунтування водоохоронних заходів чи інших управлінських рішень на локальному, регіональному або глобальному рівнях.

Завдяки «Стратегії національної безпеки України» (2015) планується приведення національного законодавства до відповідності екологічної політики ЄС, зокрема Директиви 2000/60/ЄС «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» (Водна рамкова директива). На виконання положень ВРД прийнято ЗУ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (2016), згідно якого сформовані дев'ять районів річкових басейнів.

Стік річкового басейну транскордонної ріки Західний Буг формується на території трьох держав – Польщі (49,2% площі) України (27,4%) і Білорусі (23,4%). «Програмою проведення державного моніторингу довкілля річок Західного Бугу та Сяну в частині здійснення БУВР контролю якості поверхневих вод Львівської області» (Наказ Держводагентства № 6 від 11 січня 2018 р.) забезпечується визначення гідрохімічних параметрів якості річки Західний Бугу, аналіз існуючої моніторингової системи та приведення її до вимог Водної рамкової директиви.

**АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ КІНЕМАТИЧНОЇ
СТРУКТУРИ ПОТОКУ В ТРУБОПРОВОДАХ**

М. М. Хлапук, О. В. Безусяк, Л. Р. Волк

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

В сучасних умовах спостерігається розвиток галузі гідроенергетики, теплоенергетики, гідротехнічного будівництва в Україні. Для підвищення ефективності і надійності такого роду об'єктів, виникає необхідність удосконалення підходів до гідравлічного розрахунку трубопроводів, а саме розвиток теорії кінематичної структури потоку в них.

Загальновідомо, що турбулентні течії є найпоширенішою формою руху рідини і газів, які повсякденно зустрічаються в природі та в усіх областях техніки. При цьому вони відрізняються нескінченним різноманіттям. Найбільш прості з них – це рух в трубах, лотках, каналах та ін.

Одним з перших видатних вчених 19 століття є С. Нав'є, який займався розробкою теоретичних основ руху реальних рідин, ввівши у рівняння Л. Ейлера додаткові члени для врахування дотичних напружень, які виникають при наявності градієнта швидкості.

У 1845 році Дж. Стокс отримав рішення цього рівняння при малих діаметрах труб та швидкостях потоку. Але зазначив, що при великих діаметрах труб і значних витрат рідини виявилася різка розбіжність теоретичного розрахунку з вимірюваннями, це явище він пояснив присутністю вихрових рухів, що змінюють характер потоку.

У свою чергу, розглядаючи це явище, Ж. Буассієск у 1877 році висловив припущення про те, що у встановленому при великих витратах рідини новому режимі течії вирішальну роль відіграє не звичайна молекулярна в'язкість, а значно більша, ефективна.

О. Рейнольдс вперше у 1895 році розробив підхід для статистичного опису турбулентних течій, розділивши гідродинамічні характеристики на осереднені та пульсаційні, й склав рівняння турбулентного руху рідини, що в подальшому отримали назву рівняння Рейнольдса. Але одним з основних недоліків вищезгаданих рівнянь є те, що вони незамкнуті і не дозволяють вирішувати конкретні завдання без додаткових умов.

Незважаючи на велику кількість робіт в зазначеному напрямі рішення цієї проблеми залишалось невирішене.

Тому в другій половині 20 століття значний вклад при вивченні питань турбулентного режиму руху рідини внесли такі вчені як: М.А. Великанов (досліджував проблеми турбулентності), Дж. Тейлор (розробив теорію переносу завихреності); В.М. Макавєєв (розробив теорію турбулентного перемішування), А.Н. Колмогоров, А.М. Обухов (розробили

теорію локальної структури турбулентних пульсацій), Т. Карман (теорію про повну подібність локальних характеристик турбулентного потоку, включаючи всі компоненти пульсацій), Л.Г. Лойцянский, А.А. Дрідман (розробили статистичну теорію турбулентності) та ін.

Також вивченням питання кінематичної структури потоку займалися такі вчені як Г. Рейхардт (розробив індуктивну теорію), Д. Ротта, Р. Дайслер та ін.

Вперше теорію пристінного шару було описано В. Толміним у 1931 році. Також цими дослідженнями займалися такі видатні вчені як Л. Прандтль, В.Ф. Дюренда, Х.Л. Драйдена, Г. Шліхтінг та ін.

В подальшому І. Нікурадзе, Ф.О. Шевельов, І.К. Нікітін займалися питаннями дослідження режимів руху потоку, гідравлічного опору в трубах та кінематичної структури.

Ґрунтовні експериментальні дослідження у вивченні режимів руху потоку в трубопроводах з однорідною зернистою шорсткістю і гідравлічногладких трубах та розподілі осереднених швидкостей було виконано І. Нікурадзе. Також Ф.А. Шевелєв в лабораторних умовах на гідравлічних та аеродинамічних установках дослідив режими руху потоку та розподіл швидкостей в сталевих та чавунних трубопроводах.

Запропоновані Г.В. Железняковим, С. Куллупайло та А.Д. Альтшулем степеневі закони розподілу осереднених швидкостей адекватно апроксимують експериментальні точки та відповідають граничним умовам на осі трубопроводу, але не враховують особливостей поблизу стінки.

На даний час широко застосовується логарифмічний закон розподілу осереднених швидкостей Л. Прандтля, але при цьому він не відповідає граничним умовам на осі трубопроводу та біля стінки.

І.К. Нікітін запропонував універсальну двошарову модель турбулентного руху, яка включає пристінний шар з лінійним розподілом швидкостей та логарифмічний профіль турбулентного ядра. Використовуючи метод фото-відео зйомки, він привів емпіричні залежності для визначення пульсаційних швидкостей, які розкривають структуру потоку.

Одним з недоліком універсальної двошарової моделі турбулентного руху є неврахування граничних умов на осі трубопроводу. Також приймати лінійний розподіл осереднених швидкостей у пристінному шарі (ламінальний режим) є некоректно.

На основі узагальнюючих результатів дослідження кінематичної структури потоку в трубопроводах вищезгаданих вчених необхідно розвинути теорію турбулентності, шляхом усунення основних недоліків розроблених напівемпіричних теорій, розкриття зв'язку між режимами руху рідини та їх кінематичною структурою. Це дасть змогу удосконалити підходи до гідравлічного розрахунку трубопроводів.

**ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ
ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВІД ДРІБНОДИСПЕРГОВАНИХ НАФТОВИХ
ЗАБРУДНЕНЬ ТА ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН**

Н. Г. Онищенко, А. І. Самохвалова

Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, Україна

В наш час існує проблема розробки та впровадження ефективних компактних установок невеликої продуктивності (1–25 м³/год) у зв'язку з великою кількістю джерел утворення подібних стічних вод та практично відсутніми ефективними типовими проектами.

Комбінований метод очистки нафтовмісних стічних вод може вирішити задачу підвищення ефективності очистки води в основному від нафтових забруднень. Він передбачає послідовну обробку стічних вод в модернізованих електричному апараті та в модульному пристрої. Саме запобігання утворенню та розвитку біообростань в коалісцентному фільтрі удосконаленого модульного пристрою, в якому здійснюється основний етап глибокого очищення стічних вод, а також порушення стабільності емульсованої частини нафтових забруднень є основними призначеннями попередньої електричної обробки.

В модульному пристрої суміщаються процеси тонкошарового відстоювання більш великих нафтових частинок в тонкому шарі та сепарації з ефектом коалісценції більш дрібних, в тому числі емульгованих, нафтових умовних краплин при фільтрації води через плаваюче завантаження. Відбувається одночасно процес видалення основної частини концентрації твердих завислих часток в тонкошарових каналах до коалісцентного фільтру завдяки чому реалізується підвищення загальної ефективності роботи установки.

Позитивні результати отримано виключно при застосуванні комбінації удосконалених пристроїв. Як показали результати досліджень найбільша ефективність очистки від нафтопродуктів (75-95%) та завислих твердих часток (83-98%) були отримані при таких показниках: щільності струму на електродах – 4-25 А/м² та питомій тривалості переривання подачі напруги на пластини електродів 250-350 мсек/с; швидкості фільтрування в модулях – 10-15 м/ч. В якості плаваючого завантаження коалесцентного фільтру модульного апарату зернистого матеріалу використовувався підготовлений антрацит-фільтрант (ПАФ).

В результаті досліджень було підтверджено в промислових умовах ефективність комбінованого метода очистки стічної води вагонного депо мийки цистерн від грубо-, дрібнодиспергованих нафтових забруднень і завислих частинок послідовною обробкою в модернізованому електричному апараті та в модульному пристрої.

ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ ТА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

В. С. Джус¹, П. М. Грицишин², О. В. Джус²

¹ Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна, м. Львів, Україна

² Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз, м. Львів, Україна

На сьогоднішній день екологічні проблеми виходять далеко за рамки національних кордонів і мають трансграничний, регіональний і навіть глобальний характер. Найбільш ефективним засобом вирішення таких проблем та забезпечення стійкого розвитку суспільства є міжнародне співробітництво, яке проявляється у прийнятті та реалізації міжнародних правових актів в спільних та технічно узгоджених діях у сфері охорони навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки суспільства.

Протягом тривалого часу вважалося, що для вирішення екологічних проблем досить придумати ефективний спосіб очищення, переробки або безпечно ховати відходи – і проблема вирішена. Така ідеологія природоохоронної діяльності є пасивною, і намагається вирішувати проблему після того, як забруднювач утворився. Досвід показує, що в цьому випадку відбувається переміщення забруднювача з одного середовища в інше (наприклад, з повітря або води – в ґрунт) або перекладається проблема на плечі наступних поколінь.

Стратегія природоохоронної діяльності повинна бути активною – щоб зберегти навколишнє середовище, відходи не треба виробляти або знизити їх кількість в джерелі утворення. Концепція активної стратегії, відмова або зменшення від використання небезпечних або токсичних матеріалів, зменшення або відмова від виробництва відходів (зміна технології (устаткування) або технологічного процесу), повторне використання відходів (рециклінг), обробка відходів на місці, в межах підприємства, тобто їх ізолювання від навколишнього середовища.

Однією з умов існування стійкого суспільства є не перевищення ним можливостей навколишнього середовища поглинати забруднюючі речовини.

Залізничний транспорт залишається тією галуззю економіки України, вплив якої з позицій охорони навколишнього середовища вимагає пильної уваги як з точки зору забезпечення комфортності пасажирських послуг, так і з точки зору забезпечення дотримання міжнародних та національних інтересів в збереженні водних ресурсів, біорізноманіття, локальних і глобальних екосистем.

На протязі багатьох десятиріч проблема негативного впливу залізничного транспорту на стан навколишнього середовища отримала глобальний масштаб. Ця проблема особливо

актуальна для України, тому що вона за щільністю залізничної мережі і вантажо-напруженості перевищує багато інших країн Центральної Європи.

Ступінь впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище оцінюють за рівнем витрат природних ресурсів і рівню забруднюючих речовин, що надходять у природне середовище регіонів, де розташовані підприємства залізничного транспорту. Всі джерела забруднень навколишнього середовища за характером функціонування поділяються на стаціонарні та пересувні.

До стаціонарних джерел можна віднести: дистанції колії, локомотивні і вагонні депо, заводи з ремонту рухомого складу, пункти підготовки рухомого складу, котельні, пропарювально-просочувальні заводи тощо. До пересувних джерел відносяться: магістральні і маневрові тепловози, спеціальний самохідний рухомий склад, промисловий транспорт, пасажирські та вантажні вагони, тощо.

Специфікою залізничної галузі є різноманітність виконуваних робіт та технологічних процесів, пов'язаних з перевезенням вантажів і пасажирів, ремонтом рухомого складу та магістралей, енергопостачанням, будівництвом нових залізничних шляхів і об'єктів. Цей факт визначає перелік видів виробничих відходів, які утворюються при виконанні основних і допоміжних технологічних процесів. Перелік відходів значний, що пов'язано з неправильним проведенням класифікації відходів окремими підприємствами, службами та залізницею загалом. Самоочищення природного середовища знижується через знищення та виснаження природного середовища. Лінії залізниць, прокладаються на сформованих шляхах міграції живих організмів, порушують їх розвиток і навіть призводять до зникнення деяких видів флори і фауни.

Рівновагу в природі можна забезпечити, чітко та якісно виконуючи наступні дії:

- регламентувати норми і порядок природокористування;
- ввести відповідальність всіх верств суспільства за стан охорони навколишнього середовища;
- обов'язково передбачити певні види витрат;
- залучити науку в організації природокористування;
- використовувати нові технології і виробниче обладнання;
- здійснювати обов'язковий контроль за станом навколишнього середовища.

Отже, реалізація заходів для зниження негативного впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище може значно покращити екологічну ситуацію в Україні.

Тільки розуміння кожним складності екологічних проблем і на основі цього – найсуворіше дотримання технологічної і трудової дисципліни, а також громадянського обов'язку, дозволять забезпечити гармонійний розвиток транспортної галузі України.

**ВЛАСТИВОСТІ СТІЙКИХ ДО ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ШТАМІВ
МІКРООРГАНІЗМІВ, ВИДІЛЕНИХ З ОЗЕРА ІНФІЛЬТРАТІВ
ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

С. Гнатуш¹, О. Масловська¹, Л. Кашуба¹, О. Попович², М. Мальований²

¹ Львівський національний університет імені Івана Франка

² Національний університет “Львівська політехніка”

З озер інфільтратів Львівського полігону твердих побутових відходів було виділено 150 педотрофних штамів, які росли на агаризованому інфільтраті. Оскільки ці штами мікроорганізмів здатні рости, метаболізуючи сполуки інфільтрату, припускаємо, що вони є представниками автохтонної мікробіоти інфільтрату. 20 педотрофних штамів мікроорганізмів виявилися стійкими до впливу 3 мМ ферум сульфату, 0,067 мМ кадмій сульфату і 1,6 мМ біхромату калію. Обрані концентрації солей металів перевищують ГДК у 3,5; 16 та 32 рази, відповідно, і відповідають вмісту цих сполук у інфільтраті Львівського полігону твердих побутових відходів.

Виділені штами є перспективними для створення біотехнологій для біоремедіації забруднених вод різного походження, оскільки є стійкими до впливу йонів феруму, кадмію та хрому і здатні метаболізувати широкий спектр органічних речовин. Ці штами також можуть бути використаними для вивчення механізмів регуляції метаболізму та способів адаптації за росту на стічних водах. Однак, відомо, що інфільтрати сміттєзвалищ можуть бути джерелом патогенних мікроорганізмів, тому усі виділені штами з інфільтратів Львівського полігону твердих побутових відходів висівали на диференціально-діагностичні середовища для визначення ентеробактерій, коліформних бактерій, бактерій роду *Pseudomonas*, бактерій роду *Legionella*, бактерій роду *Bacillus*, стрептококів групи D, бактерій роду *Salmonella*, тощо. Для подальшої роботи було відібрано 7 педотрофних штамів мікроорганізмів, котрі не утворювали характерних колоній на жодному з використаних диференціально-діагностичних середовищ.

Відібрані педотрофні штами здатні рости на стічній воді спиртового заводу. Після 4 добового росту цих мікроорганізмів хімічне поглинання кисню стічної води знижувалося від 12 до 69 %. Найбільш ефективно метаболізував сполуки стічної води штам М3-4. Встановлено, що штами К1-1, К4-1 та М2-4 здатні формувати електричний струм за росту на середовищі триптон-соевому бульйоні в однокамерному паливному елементі. Найвище значення густини потужності МПЕ ($0,75-0,8 \pm 0,02$ Вт/м²) було отримано за використання штамів М2-4 і К4-1 на 2 добу культивування. Припускаємо, що педотрофні мікроорганізми сформували механізми резистентності щодо багатьох токсичних чинників, які присутні в інфільтраті, і тому можуть

бути перспективними для створення біотехнологій очищення стічних вод, які місять високий вміст органічних речовин і забруднені іонами важких металів, сполук фенолу, нітрогеновмісних сполук. Властивості таких мікроорганізмів досліджені недостатньо.

Штам M2-2 є грамнегативними коками, які на агаризованому середовищі утворюють плоскі, білого кольору колонії з нечіткими краями. Спор не утворюють. Нерухливі. Штам M2-4 є грамнегативними коками, які на агаризованому середовищі утворюють випуклі, в'язкої консистенції жовті колонії з випуклим центром та нечіткими краями. На триптон-соєвому агарі ці бактерії виділяють жовтий пігмент, який забарвлює середовище. Спор не утворюють. Нерухливі. Колонії штаму M3-4 дрібні, білі блискучі, випуклі, з нерівними краями. Грамнегативні коки, неспороутворювальні. Нерухливі. Штам K1-1 утворює круглі випуклі колонії кремового кольору, які мають гладку блискучу поверхню. Це грамнегативні неспороутворювальні стрептококи. Нерухливі. Колонії штаму K2-1 та K3-1 мають схожу морфологію – круглі кремові колонії з випуклим центром. Це грамнегативні неспороутворювальні коки. Нерухливі. Штам K 4-1 утворює кремові колонії з вдавненим центром, які мають кратероподібний профіль та нерівні краї. Це грампозитивні палички, які утворюють спори. Нерухливі.

Усі штами є аеробними мікроорганізмами, оксидазопозитивними, каталазопозитивними, здатні засвоювати мінеральні та органічні форми нітрогену. Штам K4-1 є олігонітрофілом. Штами K3-1 та K4-1 здатні окиснювати елементарну сірку. Штами M2-2 та K4-1 як джерело фосфору можуть використовувати неорганічні фосфоровмісні сполуки. Здатністю метаболізувати желатину характеризуються штами K1-1 та K4-1. У разі метаболізму органічних нітрогеновмісних сполук усі досліджені штами бактерій утворюють відновлені форми нітрогену, зокрема, аміак. У разі катаболізму органічних нітрогеновмісних сполук штами M2-4, M3-4 та K3-1 виділяють сірководень. Жоден з досліджуваних мікроорганізмів індолу з триптофану та меркаптанів не утворює. Штами M2-2, M2-4, K2-1 та K3-1 як джерело нітрогену можуть також використовувати неорганічні сполуки нітрогену, здатні до нітраторедукції. Усі досліджувані штами здатні метаболізувати карбоновмісні органічні сполуки, зокрема, пентози (арабінозу), гексози (галактозу, фруктозу, манозу), дисахариди (лактозу), трисахариди (рафінозу), полісахариди (крохмаль), гірше розщеплюють шестиатомні спирти, зокрема сорбіт та маніт.

За допомогою системи RapID™ ANA II досліджено ензиматичну активність педотрофних штамів. Найбільшу кількість ензимів, зокрема, α - і β -глюкозидазу, лужну фосфатазу та амінопептидази (лейцилгліцинамінопептидазу, гліцинамінопептидазу, фенілаланінамінопептидазу, аргінінамінопептидазу, серинамінопептидазу, піролідонамінопептидазу) виявлено у штаму K4-1.

Перелічені фізіолого-біохімічні властивості досліджених штамів можуть бути корисними для подальшої ідентифікації.

СОРБЦІЯ ІОНІВ Cd^{2+} КАТІОНІТОМ КУ-2-8 В H^+ -ФОРМІ

А. С. Колєгова, Г. Г. Трохименко

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Миколаїв, Україна

Високотоксичним компонентом для живих організмів, особливо водного середовища є сполуки кадмію. Іони кадмію накопичуються рослинами, тваринами в водному середовищі здійснюючи канцерогенну дію, порушуючи метаболізм білку, знижує засвоєння заліза та видалення кальцію з організму.

Надходження сполук кадмію до навколишнього середовища відбувається в основному від недоочищених стічних вод машинобудівної галузі, кольорової металургії, гальванічних виробництв та ін. Тому головною метою захисту водного середовища було розроблення та удосконалення безвідходних технологій очищення стічних вод, що містять високі концентрації сполук важких металів. Іонний обмін є одним з перспективних методів для вирішення цього питання.

Нами було обрано сильноокислотний катіоніт марки КУ-2-8 в H^+ -формі (20 cm^3), який є стійким до кислих і лужних середовищ і його можна використовувати багаторазово. Вивчаючи процеси сорбції в динамічних умовах, використовували модельні розчини сульфату кадмію у концентрації 10, 20 та 50 mg-ekv/dm^3 . Відібрані проби аналізували на вміст кадмію, кислотність та лужність титриметричними методами, рН контролювали інструментальними методами.

Результати сорбції представлені на рис. 1, 2 та 3. Аналізуючи графіки, можна побачити, що із вичерпанням обмінної ємності іоніту, концентрація іонів кадмію у відібраних пробах зростала, а кислотність зменшувалася, при цьому рН збільшувалась. Сумарна ємність іоніту була 1985 mg-ekv/dm^3 .

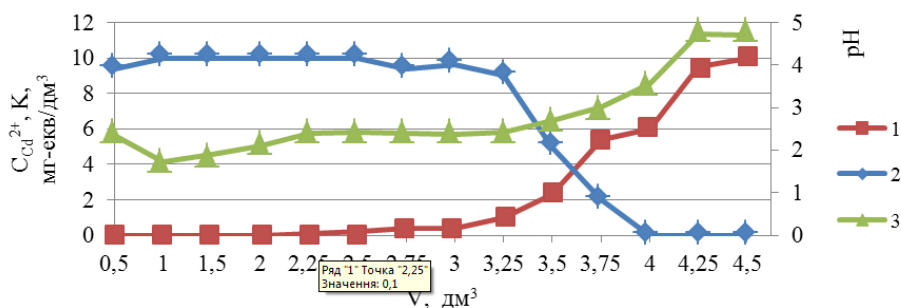


Рис. 1. Залежність концентрації сорбованих іонів кадмію (1), кислотності (2) та рН (3) модельного розчину ($[\text{Cd}^{2+}] = 10 \text{ mg-ekv/dm}^3$, $[\text{SO}_4^{2-}] = 10 \text{ mg-ekv/dm}^3$) від пропущеного об'єму через катіоніт КУ-2-8 в H^+ -формі ($V_i = 20 \text{ cm}^3$) (ПОДС (1) = 1808,75 mg-ekv/dm^3).

Повна обмінна ємність іоніту при сорбції іонів кадмію при концентрації 10 мг-екв/дм³ сягала 1808,75 мг-екв/дм³ (рис.1), що можна пояснити тим, що при менших концентраціях сорбційна ємність знижується.

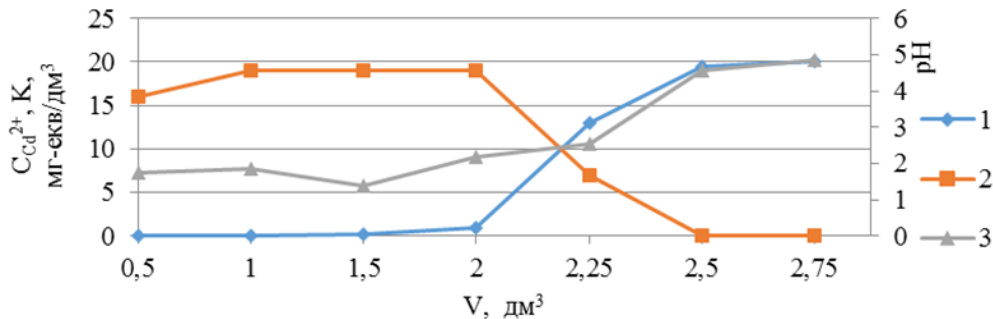


Рис. 2. Залежність концентрації сорбованих іонів кадмію (1), кислотності (2) та рН (3) модельного розчину ($[Cd^{2+}] = 20$ мг-екв/дм³, $[SO_4^{2-}] = 20$ мг-екв/дм³) від пропущеного об'єму через катіоніт КУ-2-8 в Н⁺-формі ($V_i = 20$ см³) (ПОДС (1) = 2063,75 мг-екв/дм³).

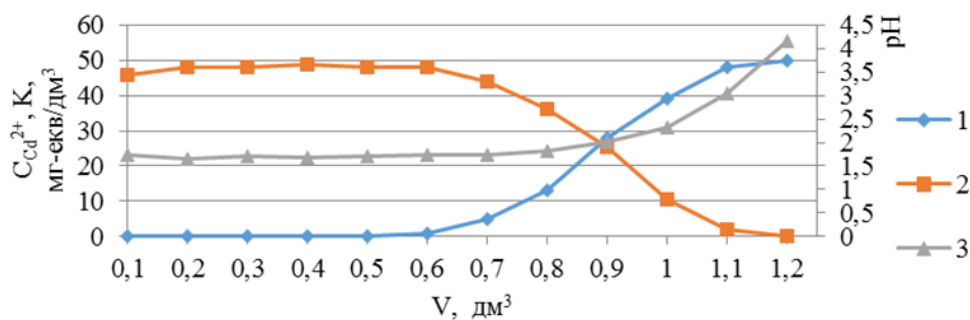


Рис. 3. Залежність концентрації сорбованих іонів кадмію (1), кислотності (2) та рН (3) модельного розчину ($[Cd^{2+}] = 50$ мг-екв/дм³, $[SO_4^{2-}] = 50$ мг-екв/дм³) від пропущеного об'єму через катіоніт КУ-2-8 в Н⁺-формі ($V_i = 20$ см³) (ПОДС (1) = 2082 мг-екв/дм³).

При сорбції 0,01 н модельного розчину іонів кадмію проскок відбувався при пропусканні 2,5 дм³ розчину. При сорбції 0,02 н модельного розчину проскок іонів кадмію відбувся при пропусканні 2 дм³, а при концентрації розчину 0,05 н – 0,6 дм³. В цілому сорбція іонів кадмію на катіоніті марки КУ-2-8 в кислій формі проходила досить ефективно.

Таким чином, для очищення вод, що містять високу концентрацію іонів кадмію, можна застосовувати катіоніт КУ-2-8 в Н⁺-формі. Це дасть змогу організовувати замкнуті цикли очищення стічних вод із отриманням чистих металів та кислот.

**ПРИНЦИПИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЯК ОBOB'ЯЗKOBA CKЛAДOBA MEХAНІЗMІB
УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ**

Д. О. Крисінська

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, Миколаїв

Більшість існуючих механізмів управління водними ресурсами мають організаційно-економічний характер, що зумовлено специфікою водного господарства, як галузі. Серед основних завдань, які характерні для організаційно-економічного механізму можна виділити такі, як: охорона водних об'єктів, що є джерелами водопостачання; забезпечення населення питною водою, формування ринку в галузі (цінове регулювання), та модернізація основних матеріальних фондів та ін.

Для водного господарства тривалий час був характерним галузевий, адміністративно-територіальний принцип управління, який за своє суттю не відповідав сучасним вимогам екологічного законодавства та ефективним міжнародним практикам, оскільки орієнтувався не на екологічну, а на економічну доцільність.

Водні джерела є стратегічними об'єктами безпеки держави, їхню важливість не можна недооцінювати, тому питання переосмислення принципів управління та формування сучасних механізмів функціонування галузі водного господарства мають бути пріоритетними для державної політики.

Основним підґрунтям формування державної екологічної політики має бути сталий розвиток, як ідеологія, що прагне до процесу гармонізації продуктивних сил, забезпечення задоволення необхідних потреб всіх членів суспільства за умов збереження і поетапного відновлення цілісності природного середовища та створення рівноправних можливостей для людей всіх поколінь. До головних принципів сталого розвитку відносять принцип обережності, принцип «передбачати і запобігати», принцип «балансу між ресурсами і забрудненням», принцип збереження природного різноманіття, принцип «забруднювач платить», принцип взаємозалежності.

Починаючи з 2017 року після введення в дію Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» Україна почала перехід на басейновий принцип управління. Це сучасний підхід управління, який розглядає річковий басейн, як систему, в якій існують різні зв'язки, починаючи від економічних, соціальних, завершуючи екологічними, екосистемними.

Як свідчить досвід європейських країн, де такий принцип використовують тривалий час, такий підхід управління допомагає зменшувати негативний вплив та запобігати деградації водних джерел, тому перехід України на басейновий принцип управління безсумнівно матиме позитивні зрушення в галузі водного господарства.

В 2015 році на саміті ООН з питань сталого розвитку було затверджено нові Цілі сталого розвитку (ЦСР) людства, які налічують 17 напрямків і 169 завдань, яких повинні дотримуватися всі країни світу. 15 вересня 2017 року Уряд України презентував Національну доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна», в документі представлено суть цілей та різні адаптивні механізми, яких необхідно дотримуватися для досягнення сталого розвитку. Серед перелічених ЦСР особливе місце займають ті, що стосуються галузі водного господарства, а саме питання раціонального водокористування та безпеки для споживачів:

- ціль № 6 «Clean water and sanitation», Забезпечення наявності та раціонального використання ресурсів і санітарії для всіх;

- ціль № 14 «Life below water» Збереження та раціональне використання океанів, морів і морських ресурсів в інтересах сталого розвитку.

Серед завдань, що перелічених в цілі № 6, виділимо наступні: 6.1. «До 2030 року забезпечити загальний і рівноправний доступ до безпечної і недорогої питної води для всіх», 6.3. «До 2030 року підвищити якість води за допомогою ... значного збільшення рециркуляції та безпечного повторного використання стічних вод у всьому світі», 6.a. «До 2030 року розширити міжнародне співробітництво і підтримку в справі зміцнення потенціалу країн, що розвиваються, щодо здійснення діяльності та програм у галузі водопостачання та санітарії, включаючи... застосування технологій рециркуляції та повторного водокористування».

Як бачимо в завданнях ЦСР неодноразово порушується питання повторного використання води, що в широких масштабах реалізації цього напрямку дасть можливість економити значну кількість прісної води, впроваджуючи рециркуляцію.

Враховуючи актуальність проблеми зменшення світових запасів прісної води та питання зміни структури її використання, було проведено аналітичне дослідження структури водоспоживання в Україні, країнах Європи, Азії, Америки та Австралії. Встановлено, що частка споживання води з водопровідної мережі для задоволення питних потреб становить в середньому лише 15%.

Враховуючи вище зазначену інформацію, стверджуємо, що питання зміни структури використання прісної води має бути серед пріоритетів державної екологічної політики в галузі водного господарства. Саме головні принципи сталого розвитку повинні становити теоретичну основу при формуванні сучасних механізмів управління водними ресурсами.

**ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТІВ
ГРИБОВИЦЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА**

М. Мальований¹, В. Жук¹, Л. Бойчишин², І. Тимчук¹, А. Середа¹

¹Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

²Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Неочищені або недостатньо очищені фільтрати сміттєзвалищ є небезпечним забрудником поверхневих, ґрунтових та підземних вод, ґрунтів, а відтак, через ланцюги живлення, – рослинного та тваринного світу. Окрім того, існування збірників накопичених фільтратів, які часто займають значні площі, нерідко стає перешкодою для успішної рекультивації та закриття сміттєзвалищ. У світовій практиці поводження із накопиченими у збірниках фільтратами найчастіше виділяють дві стадії: попереднього очищення (передочищення) і кінцевого (фінального) очищення. Як технології передочищення найчастіше застосовують анаеробні процеси із додатковим отриманням біогазу, аеробне біологічне очищення у аерованих лагунах, реагентне очищення, коагуляційно-флокуляційне очищення або їх комбінації. На стадії фінального очищення використовуються мембранні технології, міські каналізаційні очисні споруди, біоплато. Інтегрована технологія очищення фільтратів може бути синтезована із декількох стадій, у кожному конкретному випадку вибір та комбінування цих стадій визначається розрахунком фінансових затрат, вимогами до ступеня очищення і кінцевих показників концентрацій забруднень після кожної стадії, технічною можливістю реалізації певних стадій очищення.

Нами розглядалось розроблення інтегрованої технології очищення накопичених у збірниках фільтратів Грибовицького сміттєзвалища. Як фінальна стадія очищення існуючим проектом розглядається застосування технології зворотного осмосу із кінцевим доочищенням на Львівських каналізаційних очисних спорудах (КОС). Будь-яке попереднє очищення фільтрату перед установкою зворотного осмосу не передбачається. За умови досягнення декларованих показників очищення на установці зворотного осмосу, на нашу думку, основним забрудненням, із яким очищений фільтрат потраплятиме на КОС, є підвищений солевміст. Таким чином, на КОС відбуватиметься тільки розведення розчинених солей в потоці міських каналізаційних стоків без реалізації будь-якого очищення, що викликає сумніви у доцільності такої стратегії. Ще одним суттєвим недоліком, на нашу думку, є відсутність стадії попереднього очищення фільтратів перед стадією зворотного осмосу. У 90% випадків практичного застосування для очищення фільтратів зворотно-осмотичної технології перед стадією зворотного осмосу передбачають попереднє очищення фільтрату. Собівартість попереднього очищення фільтратів у ряді випадків в рази перевищує відповідний показник для зворотного осмосу; разом з тим, попереднє очищення

фільтрату суттєво підвищує надійність роботи зворотно-осмотичних фільтрів та очисної системи в цілому: зростає тривалість циклу між промивками мембран, зменшується витрата реагентів та електроенергії на промивку, збільшується термін експлуатації мембран. У випадку використання реагентного чи коагуляційно-флокуляційного процесу попереднього очищення додатково збільшується екологічна чистота процесу: на твердій фазі адсорбуються сполуки важких металів, підвищуючи чистоту пермеату.

Для фільтратів Грибовицького сміттєзвалища показано ефективність застосування двохетапної технології їх попереднього очищення: 1) біологічне очищення в умовах аерованої лагуни; 2) реагентне очищення із використанням модифікованого методу Фентона. На першому етапі відбувається біологічне очищення фільтратів від амонійного азоту та органічних забруднень, концентрація цих забруднень зменшується приблизно в 2 рази. На другому етапі проходить часткове окиснення важкої органіки, що супроводжується коагуляцією та флокуляцією виділених у тверду фазу органічних забруднень, частковою адсорбцією на частинках твердої фази сполук важких металів, освітленням частково очищеного фільтрату. Попереднє аеробне біологічне очищення дозволяє зменшити реагентне навантаження на другому етапі, підвищити ступінь очищення фільтрату та покращити економічні показники реалізації процесу. Запропоноване двохетапне попереднє очищення фільтрату перед стадією зворотного осмосу зменшить навантаження на мембрани, підвищить стабільність реалізації процесу, знизить екологічні ризики.

Для першого етапу попереднього очищення нами проведено моделювання процесу в лабораторних умовах. Для всіх досліджуваних значень періоду затримки фільтрату в моделі аерованої лагуни в досліджуваному середовищі підтримували концентрацію розчиненого кисню на рівні близько 4 мг/дм³. У середньому вихід на сталі показники роботи установки в проточному режимі відбувався через 9–11 діб від початку процесу. Оптимальний час аеробного очищення фільтрату в лагуні для вибраних умов дослідження становив 11 діб. У цьому випадку отримано середню ефективність очищення фільтратів від іонів амонію 35% і зменшення ХСК на 50%.

Другий етап також достатньо повно досліджений у лабораторних умовах. Спочатку у дослідженнях стадії реагентного очищення фільтрату проводився підбір реагенту, який забезпечив би максимальну ефективність відділення від фільтрату фази згущених забруднень. Для досліджуваних реагентів встановлювалась кінетика зміни оптичної густини системи. Найкращі результати вдалось отримати у випадку використання реактиву Фентона. Детально досліджено варіанти модифікування складу реактиву Фентона з ціллю досягнення максимального ступеня очищення та максимально можливого зниження вартості реагентів. У результаті отримано оптимальний реагентний склад, який дозволяє досягти необхідного ступеня попереднього очищення фільтратів Грибовицького сміттєзвалища перед їх повним очищенням на зворотно-осмотичній установці.

**ДО ПИТАННЯ ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ВОДОГОНІВ З ПЕРІОДИЧНОЮ ПОДАЧЕЮ ВОДИ
І ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ ЇЇ ВИТРАТ**

С. Балабан, В. Каспрук

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

Одним з суттєвих недоліків у водопостачанні гарячої та холодної води для населення є нестабільна подача. Потрапляння повітря у водопровідну систему зменшує надійність їх роботи, може призводити до поломок, аварій. Особливо негативно попадання повітря впливає на водопроводи, які працюють у періодичному режимі подачі води.

Механізми, які використовують для відведення повітря з гідравлічних систем, розділяють на такі, які працюють у ручному режимі, і такі, які виконують свої функції у напівавтоматичному і автоматичному режимах. Перші прості і надійні в експлуатації, але використовувати їх для покращення умов експлуатації водопроводів, які працюють у періодичному режимі подачі води, практично неможливо.

Аналіз конструкцій запропонованого механізму і результатів дослідження надійності його роботи на випробувальному стенді показують, що розміщення поплавка у верхній частині корпусу механізму передбачає попадання води у зону між конічними поверхнями корпусу і клапана. В дану зону закриття системи водогону можуть потрапити тверді частинки, які забруднюють конічні поверхні. В результаті зменшується щільність закриття і надійність роботи механізму відведення повітря з водопроводів.

В розробленому нами механізмі в ході заповнення трубопроводу водою повітря вільно виходить з нього через отвори в опорній перфорованій перегородці і кришці. Коли вода надходить у нижню частину корпусу і заповнює пустотілу зону поплавка – клапана він піднімається. При відсутності води у водопроводі поплавок – клапан пустотілою зоною опускається на опорну перфоровану перегородку, яка розміщена у нижній частині корпусу. До верхньої частини корпусу приєднана втулка з конічною поверхнею і закрита кришкою. Між конічною поверхнею поплавка – клапана і конічною поверхнею втулки передбачений кільцевий зазор, через який трубопровід сполучений з атмосферою.

Для підвищення надійності і довговічності роботи механізму відведення повітря з водопроводів розроблено нову конструкцію, яка відрізняється від попередньої розміщенням поплавкового механізму в даному пристрої. Під час заповнення об'єму водою повітря виходить з нього через отвори в опорній перфорованій перегородці і кришці. Коли вода потрапляє у нижню частину корпусу і заповнює пустотілу зону поплавка – клапан забезпечує більшу надійність і довговічність роботи механізму відведення повітря з водопроводів.

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СТІЧНИХ ВОД
НА ПРИКЛАДІ КІЛЬКОХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ**

Н. М. Параняк, О. С. Дацько, Н. М. Витрикуш, А. С. Романів, С. М. Мохняк

Національний університет «Львівська політехніка»

В Україні щорічно зростає забруднення вод, внаслідок збільшення скидів у водойми стічних вод з різними шкідливими домішками неорганічної і органічної природи. Ця проблема постає надто гостро не тільки на території України, але й у всьому світі. Природа уже практично немає здатності до самовідновлення та самоочищення. В епоху швидкого розвитку сьогодення, коли так швидко суспільство пізнає неосяжне та розвивається у різних сферах своєї діяльності, з кожним роком природа потерпає ще більше. Якість питної води на сьогодні потребує покращення. Саме тому зменшення скидів у водойми, перехід підприємств на роботу за схемами замкнутого циклу та вдосконалення очисних споруд є основним напрямком до захисту водного середовища.

Кожного року по усіх регіонах України виділяються кошти на заходи щодо покращення стану водних об'єктів, а саме на реконструкцію каналізаційних станцій, на будівництво колекторів та каналізацій, а також на капітальні ремонти очисних споруд. Для аналізу ситуації в Україні було взято до уваги стан стічних вод кількох областей різних регіонів України, а саме Сумської, Дніпропетровської та Івано-Франківської, впродовж останніх п'яти років.

На території Сумської області налічується 66 комплексів очисних споруд загальною потужністю 296 тис. м³/добу, 48 комплексів працюють в режимі штучної біологічної очистки з подальшим скидом очищених чи недостатньо очищених стічних вод в водні об'єкти. Спостерігається тенденція до збільшення обсягів скиду забруднених зворотних вод у поверхневі водні об'єкти Сумської області, так у 2016 році такий скид склав 23,73 млн. м³ і збільшився в порівнянні з 2015 роком на 1,75 млн. м³. У 2018 році скид склав 24,93 млн. м³ і збільшився в порівнянні з 2017 роком на 1,15 млн. м³.

Скид забруднених зворотних вод Дніпропетровської області в 2018 році склав 233,85 млн. м³ (недостатньо-очищених зворотних вод – 140,16 млн. м³, забруднених без очистки – 93,69 млн. м³). Це на 3,56 млн. м³ більше ніж у минулому році. За 2017 рік скид забруднених зворотних вод в басейн р. Дніпро зменшився на 12,8 млн. м³ у порівнянні з 2016 роком. При цьому, існуючі системи водопостачання та водовідведення області знаходяться переважно в незадовільному стані, очисні споруди працюють неефективно, потребують ремонту та реконструкції. В зв'язку із зменшенням обсягів скиду в поверхневі водні об'єкти

даної області забруднених та нормативно очищених зворотних вод, в 2016 році в порівнянні з 2015 роком, відмічалось зниження кількості забруднюючих речовин, що були скинуті (в 2015 р. – 553,7 тис. т, в 2016 р.– 463,4 тис. т), за більшістю показників забруднення.

У Івано-Франківській області у 2016 році збільшився обсяг скиду зворотних вод в поверхневі водні об'єкти області (на 0,22 млн. м³ більше в порівнянні з попереднім роком) і становив 58,48 млн. м³. У 2017 році в поверхневі водні об'єкти скинуто 60,11 млн. м³ зворотних вод, із яких 50,95 млн. м³ очищені до нормативних показників і забруднених зворотних вод скинуто тільки 1,103 млн. м³. Забруднені зворотні води були скинуті у річки Бистриця, Тлумачик, Бистриця Солотвинська, Гнила Липа, Лімниця, Сівка, Свіча, Саджава, Черемош, Чорнява, Рибниця, Прутець Яблуницький. В 2018 році збільшився обсяг скиду зворотних вод в поверхневі водні об'єкти області (на 2,35 млн. м³ в порівнянні з минулим роком) і становив 62,46 млн. м³.

Причинами такого стану є відсутність очисних споруд, низька ступінь очистки зворотних вод внаслідок перевантаження і недотримання технологічного режиму на існуючих очисних спорудах та відсутність сучасних технологій. Незалежно від проведення реконструкцій та оновлення очисних споруд спостерігається тенденція незначного зросту скиду забруднюючих речовин.

Забруднення води негативно впливає на фізичний потенціал не тільки суспільства, але й на всю живу природу. Незадовільний екологічний стан призводить до зростання показників смертності населення, а також зниження рівня народжуваності. Останніми десятиріччями відбуваються також значні зміни у структурі хворіб, що свідчить про зростання випадків захворювань, спричинених вживанням неякісної питної води та продуктів харчування.

Аналіз якості питної води показав, що ситуація по всіх регіонах України є досить тривожною. Головною екологічною проблемою водних ресурсів залишається забруднення природних водних об'єктів неочищеними і недостатньо очищеними стічними водами промислових підприємств, підприємств житлово-комунального комплексу. У водойми скидаються тонни нафтопродуктів, нітратів, цинку азоту та багато інших забруднювачів, тому така вода не відповідає існуючим стандартам. Ситуація складна не тільки в східних регіонах України, де зосереджена велика частина важкої промисловості, але й на заході, де очисні споруди потребують заміни та капітального ремонту.

Основною і найважливішою умовою сталого економічного і соціального розвитку кожної області та України в цілому є охорона навколишнього природного середовища, тому раціональне використання природних ресурсів та збереження екологічної безпеки є життєво необхідною для життєдіяльності населення.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФЛОКУЛЯЦІЇ СТІЧНИХ ВОД
МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

О. В. Шестопапов, О. С. Брянкін

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Обсяг стічних вод, які скидаються підприємствами чорної і кольорової металургії, сягає понад 1,27 млрд. м³/рік, з них близько 500 млн. м³/рік – недостатньо очищених і 150 млн. м³/рік – неочищених. Умови утворення стічних вод визначають їх хімічний склад і фізико-хімічні властивості. Ці властивості формуються залежно від особливостей технології металургійного виробництва, використовуваної сировини і температури для плавки, типу шихти і інших чинників. Зміна властивостей забрудненої у виробничому циклі води призводить до зниження ефективності роботи існуючих в оборотній схемі очисних споруд.

Класичною схемою очищення шламів є їх освітлення в радіальних згущувачах і інших відстійних спорудах. Для підвищення швидкості осадження зважених речовин застосовують різні методи хімічної інтенсифікації процесу агломерації частинок, наприклад, за допомогою флокулянтів і коагулянтів, а згущений шлам відправляють на зневоднення фільтруванням.

Процес очищення високодисперсних шламів, особливо із застосуванням реагентів для інтенсифікації процесів осадження твердої фази, є багатофакторним і не до кінця вивченим. Складність врахування зміни безлічі параметрів, від яких залежить ефективність флокулоутворення, а отже і швидкість осідання флокул, призводить до зниження ефективності роботи очисних споруд і необхідності проводити додаткові дослідження. Нажаль, сьогодні єдиним дієвим способом прогнозувати роботу флокулянтів в конкретних виробничих умовах є експеримент з реальними стічними водами.

Метою дослідження було перевірити ефективність флокулоутворення в залежності від концентрації твердої фази у стічній воді. Дослідження проводились пробі на стічній воді після мокрого газоочищення одного з діючих виробництв. При лабораторному дослідженні процесу флокуляції шламових вод використовувалися катіонний флокулянт ТФК-7. Розчин флокулянтів готувався концентрацією 0,05 % і дозувався в мірний циліндр шприцом. Вимірювання кінетики осадження проводилася в лабораторному мірному циліндрі об'ємом 500 мл та діаметром 50 мм. Швидкість осадження розраховувалася як відношення відстані, на яку змістилася межа розділу фаз до інтервалу часу, витраченого на цей зсув. Концентрація початкової проби вимірювалася ваговим методом і корегувалася в інтервалі концентрацій від 10 до 20 г/дм³ (шляхом розбавлення водою або додавання сухого пилу).

Результати дослідження наведені на рис. 1. Аналіз результатів показує, що швидкість осідання флокул залежить від концентрації твердої фази шламу, яка не є лінійною. Збільшення концентрації завислих часток призводить до зменшення швидкості осадження твердої фази як при однаковій витраті флокулянту на об'єм рідини (крива 1) так і однаковій витраті флокулянту на одиницю маси забруднень (крива 2). Крім того, цей приклад наочно ілюструє, що дозування флокулянту в мг/дм^3 відмічається більшою втратою швидкості осадження твердої фази у разі перепаду концентрації у стічній воді. Це говорить про те, концентрація твердої фази в стічній воді повинна постійно контролюватися і відповідно до її коливань змінюватися доза реагентів.

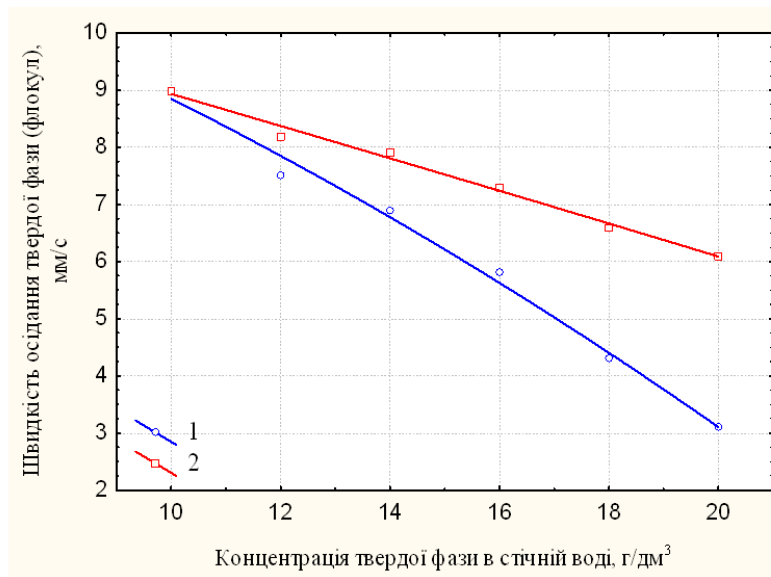


Рис. 1. Результати дослідження швидкості осідання твердої фази в при постійній витраті флокулянту: 1 – швидкість осідання флокул при дозування флокулянта (0,05% розчину) в кількості 4 мл/дм^3 ; 2 – швидкість осідання флокул при дозуванні флокулянта в кількості 200 г/т .

Таким чином, при розрахунку кількості флокулянту для досягнення певної швидкості осідання шламу під час очищення стічної води потрібно використовувати більш точні математичні моделі (або статистичні залежності, отримані в ході лабораторних досліджень реального стоку) та постійно коректувати витрату реагентів в залежності від зміни параметрів стічної води, таких як, наприклад, концентрація твердої фази. Встановлення залежності витрати флокулянту від концентрації завислих часток та інших факторів, які впливають на процес агрегатоутворення, а також розробка відповідної методики лабораторних тестів є предметом наших подальших досліджень.

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ НАФТОШЛАМУ І ШЛАМІВ ВОДООЧИЩЕННЯ

М. Богославець, Л. Челядин, І. Засідко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Процеси фізико-хімічного очищення стічних вод спричиняють утворення значної кількості шламів водоочищення за рахунок завислих та коагулянтів. У системі водопостачання в Івано-Франківській області у 2017р утворилося 71,8 тис.тон шламу із них на очисних спорудах м. Івано-Франківська 36,0 тис.тон, а також в м. Надвірна 18,5 тис.тон, які зберігаються на ілових полях, та нафтошлам 2,7 тис. у нафтошламонакопичувачі нафтопереробного об'єкта, які забруднюють довкілля. Для перетворення шламів водоочищення пропонуються різні методи, наприклад, спалювання, додання в різні будівельні суміші, а нафтошлами використовуються цементному виробництві як енергетична та мінеральна добавка.

Метою досліджень є створення нової сировинної суміші на основі нафтошламу або шламу водоочищення з іншими техногенними і природними компонентами та розробка нової технології перетворення одержаної суміші в матеріали з певними показниками для їх використання у енергоємних виробництвах або в аграрному секторі.

Для досліджень використовували нафтошлами і шлам водоочищення, які складаються на ПАТ «Нафтопереробка», оскільки вони утворюються на очисних спорудах при очищенні нафтовмісних стічних вод цього об'єкта та комунальних стічних вод м. Надвірна. Середній компонентний склад вищевказаних техногенних відходів та золи ТЕЦ наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Компонентний хімічний склад техногенних відходів та добавок

Компонент, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N загал	CxHy	H ₂ O, інші
Зола ТЕЦ	55,4	21,5	11,8	2,3	2,2	–	–	–	6,8
Нафтошлам амбарний	6,6	1,5	2,2	1,2	0,9	–	–	57,5	30,1
Шлам водоочищення	1,9	1,5	0,3	0,09	0,02	0,12	0,17	–	95,9

Для зменшення енергоємності процес утилізації шламів водоочищення та нафтошламів проводили за низьких температур з використанням техногенних добавок: золошлаку, сполук

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

кальцію, цеоліту-клинотілоліту і інших техногенних відходів, добавок. Параметри процесу перетворення нафтошламу чи шламу водоочищення встановили на основі планування двофакторного експерименту, який дозволив встановити оптимальні співвідношення між компонентами в сировинній суміші техногенних відходів для одержання гранул матеріалу з певними показниками. Дослідження з перетворення вище вказаних відходів проводили за такою технологією. Перша стадія технології – це диспергування і змішування техногенних відходів(А), шламу водоочищення (Б), карбонатних сполук (В), цеоліт (Г) та зв'язуючого компонента (Д), а друга – гранулювання і сушка гранул при параметрах процесу перетворення, що вказані в табл.2.

Таблиця 2

Співвідношення компонентів, параметри процесу та показники матеріалів

№ проби	Склад суміші, г					Параметри		Показники зразків		
	А	Б	В	Г	Д	температура, °С	Час, годин	Міцність, МПа	Насипна густина, кг/м ³	Пористість, %
1	34,8	16,4	20,8	9,0	19,0	60	1,0	1,38	597	38
3	39,9	13,9	19,9	11,6	14,7	63	1,0	1,76	585	33
5	37,6	15,0	22,4	12,0	13,0	68	1,0	1,22	612	31
6	34,6	18,9	24,5	10,6	11,4	70	1,5	2,22	574	34
9	33,9	15,8	20,8	14,4	15,1	73	1,5	2,89	568	35
11	25,4	14,7	20,2	15,9	23,8	76	1,5	2,22	521	39
14	28,2	16,0	25,0	14,5	16,3	88	1,5	1,83	619	33
17	30,4	14,5	23,4	15,3	16,4	85	2,0	2,02	534	37
19	25,7	15,1	22,3	16,8	20,1	81	2,0	2,31	608	36
21	26,4	15,8	24,5	17,4	15,9	81	2,0	2,11	615	32

Примітка:проби 1-9 компонент Б – нафтошлам, проби 11-21 компонент Б – шлам водоочищення.

За результатами досліджень отримали гранульовані матеріали з вказаними в таблиці показниками гранул, що залежать від вмісту і співвідношення компонентів та параметрів обробки сировинної суміші, які можуть використовуватись у агрокомплексі в якості мінерального добрива, виробництві цементу як мінеральна та енерговмісна добавка до шихти цементної суміші, оскільки є якісними і екологічнобезпечними матеріалами.

**ПІДГОТОВКА ПІДЗЕМНИХ ЗАЛІЗОВМІСНИХ ВОД
ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ТА НАСЕЛЕННЯ**

С. О. Куницький, О. Р. Мічута

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Для забезпечення населення та підприємств України водою здебільшого використовують поверхневі та підземні джерела. Підземні води містять значно менше забруднень ніж поверхневі, тому їх використання має пріоритет. Господарська діяльність людини погіршує якість води основних джерел централізованого водопостачання. Тому, захист джерел водопостачання та покращення якості води – найважливіші завдання народного господарства.

Особливості складу підземних вод пояснюються умовами їх формування. При контакті підземних вод з оточуючими їх гірськими породами, у воду надходять хімічні елементи, з яких складені ці породи. Залізо розчиняється підземними водами в місцях, куди не проникає кисень. В місцях, куди має доступ кисень, залізо знаходиться в окисленому, нерозчинному стані. За вмістом кисню у воді розрізняють дві зони: зона аерації і зона розчинення заліза.

При знезалізненні підземних вод та їх дегазації можуть бути використані безреагентні, реагентні, катіонообмінні та біохімічні методи. Для вод із невисокими значеннями вмісту заліза до 5 мг/дм³ та рН більше 6,5-7,0 доцільно застосовувати безреагентний метод в поєднанні зі спрощеною аерацією та фільтруванням, тобто контактне знезалізнення. Технологія цього методу заключається в насиченні води киснем повітря, який окислює двовалентну форму розчиненого заліза до тривалентної з подальшим фільтруванням крізь фільтруюче пористе середовище. Окислене залізо коагулюється у пластівці та адсорбується на поверхні гранул засипки, утворюючи так звану «залізисту плівку». При знезалізненні води важливе значення має вид фільтруючої засипки та її характеристики. В якості фільтруючої засипки можна використовувати кварцевий пісок, щебінь, керамзит, цеоліт, аглопорит, антрацит, пінополістирол.

В практиці водоочистки, засипки прийнято поділяти на важкі та легкі, або так звані «плаваючі», густина яких менша густини води. Різновидом таких засипок є саме пінополістирол. Для фільтрів, завантажених важкими засипками, необхідно передбачати підтримуючі гравійні шари, дренажні системи, промивні насоси. Фільтри, завантажені «плаваючою» засипкою простіші та дешевші в експлуатації. Пінополістирольну засипку отримують шляхом спінювання пінополістирольного бісеру гарячою водою, паром, гарячим повітрям, напругою високої частоти. Найбільш широко практикують спінювання при

температурі 98-100° С і киплячою водою. Діаметр гранул залежить від тривалості спінювання. Для пінополістиролу характерна досить добре розвинута питома поверхня гранул.

Пінополістирол в якості засипки може використовуватися як у стаціонарних фільтрах станцій знезалізнення так і в баштах Рожновського в якості фільтруючого елементу. Досвід використання пінополістирольної засипки для знезалізнення води є на водопровідних станціях Рівненської, Хмельницької, Вінницької, Донецької та Київської областей. На досліджених спорудах якість води після очистки відповідає нормативним вимогам.

На поверхні зерен засипки «плівка» має від 8...30% двовалентного заліза та 70...90% тривалентного заліза. При наявності у воді сірководню та кремнієвої кислоти в склад плівки може входити до 10% сульфід заліза, вільної сірки, силікатів. При промиванні фільтра, плівка не змивається і в подальших фільтроциклах служить як каталізатор, але затримані в процесі фільтрування нові порції гідроксиду заліза вимиваються промивним потоком.

Проведені дослідження на Гощанському водоочисному комплексі (сmt Гоща, Рівненська область) знезалізнення води на пінополістирольному фільтрі в різних режимах фільтрування показали потребу в реконструкції діючого водоочисного комплексу. Вода у свердловинах водозабору за показниками якості не відповідає діючим нормативним вимогам до питної води й становила до 5 мг/дм³. В 2011 році було укладено договір №3-107 «Вдосконалення роботи станції знезалізнення Гощанського району в сmt Гоща» на замовлення РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал», згідно проекту реконструйовано станцію знезалізнення на добову продуктивність 1700 м³/доб, причому 900 м³/добу – чотири фільтри діаметром 1400 мм (I черга), та один фільтр діаметром 2500 мм на 800 м³/доб (II черга).

Знезалізнення води за запропонованою технологічною схемою здійснюється наступним чином. Підземна вода трубопроводом потрапляє в аератор, де відбувається насичення води киснем повітря для окислення двовалентного заліза в тривалентне, видалення вільної вуглекислоти та сірководню. Промивання фільтрів здійснюється зворотнім потоком води один раз на добу. Якість води відповідає діючим нормативним вимогам.

У 2018 році, після 6 років експлуатації якість фільтрату стала погіршуватися. Це зумовлено зростанням водоспоживання, особливо влітку, в бездощові періоди – на полив присадибних ділянок та прибудинкових територій. Рішенням в даній ситуації, після ряду проведених емпіричних досліджень, було запропоновано промивати водоочисні фільтри не через кожних 24 години, а через 16 годин. Крім того, було встановлено додатковий резервуар чистої води, що дозволило безперебійно забезпечувати споживачів якісною водою в потрібній кількості.

Отже, запропонована технологія дозволяє досить ефективно затримувати сполуки заліза й очищувати підземну залізовмісну воду до нормативних показників.

ЗАХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

О. Рибалова¹, О. Бригада¹, М. Сарапіна¹, А. Мацак², К. Цитлішвілі²

¹Національний університет цивільного захисту України, ²Науково-дослідна установа
«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

В сучасних умовах змін клімату щорічно значно збільшується кількість лісових пожеж в усьому світі, що вимагає негайного прийняття заходів щодо мінімізації їх наслідків для природних екосистем. В Україні в середньому на рік відбувається близько 3,5 тис. лісових пожеж, які знищують більше 5 тис. гектарів лісу.

Лісові пожежі негативно впливають на всі компоненти природної екосистеми, особливо на забруднення атмосферного повітря, підземних і поверхневих вод, ґрунтів, втрат біорізноманіття і зміни мікроклімату.

Ліс відіграє дуже важливу роль у формуванні річкового стоку. Лісові пожежі не тільки знищують значні площі лісів, також поверхневі води використовують під час гасіння пожеж, що особливо небезпечно влітку. З одного боку, саме в цей період року збільшується імовірність виникнення пожеж, з іншого боку, саме в літню межень забір води і скидання забрудненої внаслідок пожежогасіння негативно впливає на екологічний стан річок, що особливо небезпечно для малих річок, бо може стати причиною зменшення їх стоку і призвести навіть до загибелі водотоків.

З поверхневим стоком з лісових масивів після пожежі потрапляє в поверхневі водні об'єкти велика кількість забруднюючих речовин, тому впровадження заходів щодо зменшення цього негативного впливу на формування водних екосистем є надзвичайно актуальною задачею.

Метою цієї роботи є розробка пропозицій щодо зменшення негативного впливу потрапляння поверхневого стоку у водні об'єкти внаслідок лісових пожеж.

Для тушіння пожеж часто використовують розчин, який є дуже токсичним і містить велику кількість забруднюючих речовин. Найбільш поширені вогнегасні засоби містять водні розчини бікарбонату натрію, хлоридів кальцію і амонію, глауберової солі та ін. В останні роки в якості засобів гасіння пожеж застосовують порошкові суміші на основі неорганічних солей лужних металів. Ці солі, випадаючи в осад з водного розчину, утворюють ізолюючі плівки на поверхні, потрапляють в ґрунт, підземні води і з дощовим стоком забруднюють водні об'єкти.

Для визначення впливу лісових пожеж на забруднення ґрунтів важкими металами відібрані проби ґрунтів до та після пожежі. Як показують розрахунки, до лісової пожежі рівень забруднення ґрунтів за оцінкою інтегрального показника забруднення ґрунтів важкими металами (IS) відповідає 3 класу (задовільний стан), після пожежі цей показник відповідає 5 класу (дуже поганий стан).

Одним з нових підходів, що вирішують проблему очищення поверхневих вод, є використання «дощових садів» або біотраншей (мульдів). Ці споруди представляють собою невеликі, компактні штучні поглиблення різної форми і розмірів. Запропоновано удосконалення цих споруд шляхом застосування різного типу фільтруючих насадок: пінополіуретанові гранули, вапнякові гранули, базальтова крихта і деревна тирса. Всі запропоновані типи насадок є промисловими відходами, що дасть змогу вирішити проблему утилізації відходів і зменшення їх тиску на навколишнє природне середовище. Таким чином, одночасно вирішуються дві важливі проблеми: утилізація промислових відходів і очищення поверхневого стоку.

Проведені експериментальні дослідження показали, що найбільший відсоток вилучення розчиненої органіки мають деревна тирса (ХСК – 86% і нафтопродукти – 98%), далі йдуть гранули ППУ (ХСК – 83,5% і нафтопродукти – 96%), потім базальтова крихта (ХСК – 68,6%, нафтопродукти – 93%) і вапняк відповідно (ХСК – 59%, нафтопродукти – 89%). Ефективність утримання зважених речовин досягає 98%.

Мульди, які застосовуються для локалізації та зменшення надходження поверхневого стоку до водних об'єктів, знайшли своє практичне застосування в багатьох європейських країнах завдяки екологічній ефективності, простоті у виконанні та економічній доступності. Але слід враховувати, що дощові стічні води після лісових пожеж містять більшу кількість органічних і токсичних забруднюючих речовин в порівнянні з поверхневим стоком з урбанізованих територій. Тому пропонуємо застосовувати додатково методи фіторемедіації, що дасть змогу обмежити надходження забруднюючих речовин в ґрунт, підземні і поверхневі води. Але такі методи потребують додаткових досліджень щодо вибору рослин-фіторемедіантів на основі аналізу ґрунту та підбору рослин, які здатні акумулювати максимальну кількість забруднюючих речовин. Розробка оптимальної схеми фіторемедіації передбачає підбір видового складу рослин, які найбільш підходять для усунення даного типу забруднення й відповідають ґрунтово-кліматичним умовам, визначення схеми посадки, вибір необхідних агротехнічних заходів. Необхідно також враховувати породи дерев, природні та ландшафтні особливості лісу, інфільтраційні характеристики ґрунтів, прогноз змін клімату, умови надходження поверхневого стоку в річки. Застосування такої схеми очищення поверхневого стоку після лісової пожежі дасть змогу захистити водні об'єкти і ґрунти від забруднення.

**ПОКАЗНИКИ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ВИРОБНИЦТВА НА
ФІНАНСОВО ЕКОНОМІЧНИЙ СТАН ПІДПРИЄМСТВА
КП «ЖОВКІВСЬКЕ ВИРОБНИЧЕ УПРАВЛІННЯ ВОДОПРОВІДНО-
КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА» М. ЖОВКВА**

К. Р. Кохалевич, Х. І. Голодовська

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Розрахунок показників фінансового стану підприємства КП «Жовківське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства» м. Жовква, Львівської області проводився на основі бухгалтерської фінансової звітності.

Аналіз майнового стану підприємства показав, що ступінь зносу основних засобів збільшився за три роки. Про таку негативну тенденцію свідчить показник коефіцієнту зносу, що збільшився з 0,649 у 2016 році до 0,665 у 2018 році. Коефіцієнт придатності основних засобів відповідно навпаки зменшився з 0,351 у 2016 році до 0,344 у 2017 році, а у 2018 році до 0,335. Що свідчить про зменшення частини нових основних засобів від наявних на кінець звітного періоду. Враховуючи, що досліджуване підприємство, є комунальним підприємством, що надає послуги водопостачання та водовідведення, збільшення коефіцієнту зносу основних засобів свідчить про гостру необхідність оновлення водопровідних мереж.

Значення коефіцієнта загальної (поточної) ліквідності в 2016–2018 рр. знаходиться в межах допустимих норм (більше 1, та менше 2). Даний коефіцієнт у 2018 році зріс до 1,364 в порівнянні з значенням 1,145 у 2016 році. Коефіцієнт термінової ліквідності показує, яку частину поточних зобов'язань підприємство спроможне погасити за рахунок найбільш ліквідних оборотних коштів, фінансових інвестицій та кредиторської заборгованості. Він має бути більший за 1. В 2018 році цей показник значно зменшився в порівнянні з значеннями в попередні роки до 0,751, що збільшило фінансові ризики, проте не до критичного стану. Коефіцієнт абсолютної (грошової) ліквідності є найбільш жорстким критерієм ліквідності підприємства і показує, яку частину короткострокових зобов'язань можна за необхідності погасити негайно. Коефіцієнт показує, що в 2016 році лише 2%, в 2017 році – 9,4%, в 2018 році лише близько 7% поточних зобов'язань підприємство могло погасити своїми коштами негайно, що не відповідає нормативному значенню даного показника, яке має знаходитись в межах від 0,2 до 0,25.

Також спостерігаються позитивні тенденції. Слід відзначити, що показник фінансової незалежності є більшим за 0,5 і продемонстрував незначний ріст. Така тенденція говорить про те, що питома вага власного капіталу в загальній сумі засобів, авансованих у його

діяльність зростає. Коефіцієнт фінансової залежності є меншим за 2 і тенденція до зниження, що також є позитивною характеристикою.

Результати аналізу ділової активності підприємства в цілому позитивно характеризують підприємство. Коефіцієнти оборотності активів безпосередньо впливають на фінансові результати діяльності підприємства, його платоспроможність. Як результат прискорення обороту вивільнюються матеріальні елементи оборотних активів (менше потрібно запасів сировини, матеріалів, палива та ін.) і таким чином зменшуються затрати, пов'язані з їх зберіганням. При цьому вивільнюються грошові кошти, які були вкладені в ці запаси, що врешті-решт сприятиме покращенню фінансового стану підприємства.

Коефіцієнт оборотності дебіторської заборгованості зріс і якщо у 2016 році він склав 1,66, то в 2017 році його значення збільшилось до 1,95, а період оборотності дебіторської заборгованості навпаки зменшився і в 2018 році складає 167,2 днів. Коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості показав, що швидкість обертання кредиторської заборгованості на підприємстві підвищилася.

Позитивним є збільшення коефіцієнту оборотності запасів з 35,42 у 2017 році до 42,38 у 2018 році. Зменшення тривалості оборотності запасів є хорошою тенденцією, в 2017 році тривалість оборотності запасів була 8,52 днів, а в 2018 – 7,32 днів. Також зменшилась тривалість оборотності оборотних засобів з 169,03 днів у 2017 році до 145,97 днів у 2018 році. Коефіцієнт рентабельності продукції показує скільки прибутку припадає на одиницю собівартості продукції. В 2016 – 2017 рр. КП «Жовківське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства» було рентабельним підприємством, та в 2018 році рентабельність значно зменшилась. Зокрема, в 2018 році від'ємного значення досягли такі показники як рентабельність власного капіталу (-0,005), чиста рентабельність продажів (-0,012) та чиста рентабельність виробництва складає -1,703%. Це свідчить про нестабільність господарської діяльності підприємства і прибутку від основної діяльності.

Таким чином, проведений аналіз дозволив дійти висновку, що впродовж останніх років зниження рентабельності діяльності підприємства пов'язане із зростанням собівартості продукції за одночасного зменшення кількості послуг водопостачання та водовідведення, що надаються. Також оцінений фінансовий стан підприємства КП «Жовківське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства», як результат дії зазначених факторів. Результати аналізу свідчать про те, що майновий стан, а саме ступінь зношеності основних засобів збільшилась. Основними причинами такої ситуації є недостатньо ефективно природокористування на підприємстві. За таких обставин потребує негайної розробки та впровадження система заходів щодо підвищення ефективності природокористування та охорони навколишнього середовища.

МОНІТОРИНГ СКИДІВ СТИЧНИХ ВОД ЖОВКІВСЬКОГО РАЙОНУ У 2018 РОЦІ

О. Я. Голодовська, О. Н. Кузь

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Сьогоднішня екологічна ситуація в районі характеризується проблемами, які породжені десятками років тому назад. Основними об'єктами, які потребують моніторингу є місця скидання стічних вод міст, селищ, сільськогосподарських комплексів, стічних вод окремих підприємств.

Моніторинг скидів стічних вод Жовківського району у 2018 р. проводилися протягом року на 11 підприємствах. Було проведено 23 контрольних заміри на 12 випусках. Всього виконано 322 компонентовизначень, за якими встановлено 81 перевищення допустимих нормативів (25,1%). Із досліджуваних 11 підприємств на 5 підприємствах були зафіксовані перевищення дозволених гранично – допустимих скидів.

Зокрема, на КП «Воля- Висоцьке комунальне господарство «Витязь» виявлено перевищення ГДС по азоту амонійному, сухому залишку, хлоридах, нітритах, завислих речовинах, БСК₅, ХСК, залізу. Спостерігається низький рівень розчиненого кисню. На ДП «Рава-Руський спиртзавод» м. Рава-Руська виявлено перевищення по азоту амонійному, завислих речовинах, фосфатах, БСК₅, ХСК, залізу та аніонних СПАР. На СП «Етрус» м. Дубляни виявлено перевищення ГДС по азоту амонійному, нітритах, БСК₅, залізу, на ТзОВ «Гульдман-Україна» смт. Куликів зафіксовано перевищення ГДС по завислих речовинах, азоту амонійному, нітритах, залізу. На КП «Жовківське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства» м. Жовква зафіксовано перевищення ГДС по хлоридах, фосфатах, ХСК, БСК₅, азоту амонійному, нітритах та залізу . Найбільше перевищень дозволених для скидання концентрацій забруднюючих речовин встановлено для БСК₅ – 12 (з 23 контрольних замірів), завислих речовин – 7, азоту амонійного – 12, заліза – 11.

За річний період найбільше перевищень зафіксовано для таких забруднюючих речовин:

- Азот амонійний – 52,17 %;
- БСК₅ – 52,17 %;
- Завислі речовини – 30,4 %;
- Залізо загальне – 47,82 %.

На 6 підприємствах із 11 не зафіксовано перевищень вмісту того чи іншого хімічного елементу. Якість стічних вод визначалася за такими показниками: водневий показник рН,

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

завислі речовини, запах, сухий залишок, прозорість, БСК5, ХСК, СПАР, нафтопродукти, феноли, сульфати, хлориди, азот амонійний, нітрати, нітрити, фосфати, залізо загальне, кальцій, магній, мідь, нікель, хром (заг.), цинк. Кількість встановлених перевищень нормативів скиду за окремими показниками поділяється залежно від кратності перевищень нормативу ГДС.

На рис. 1. представлено кратність встановлених перевищень нормативів скиду за окремими показниками

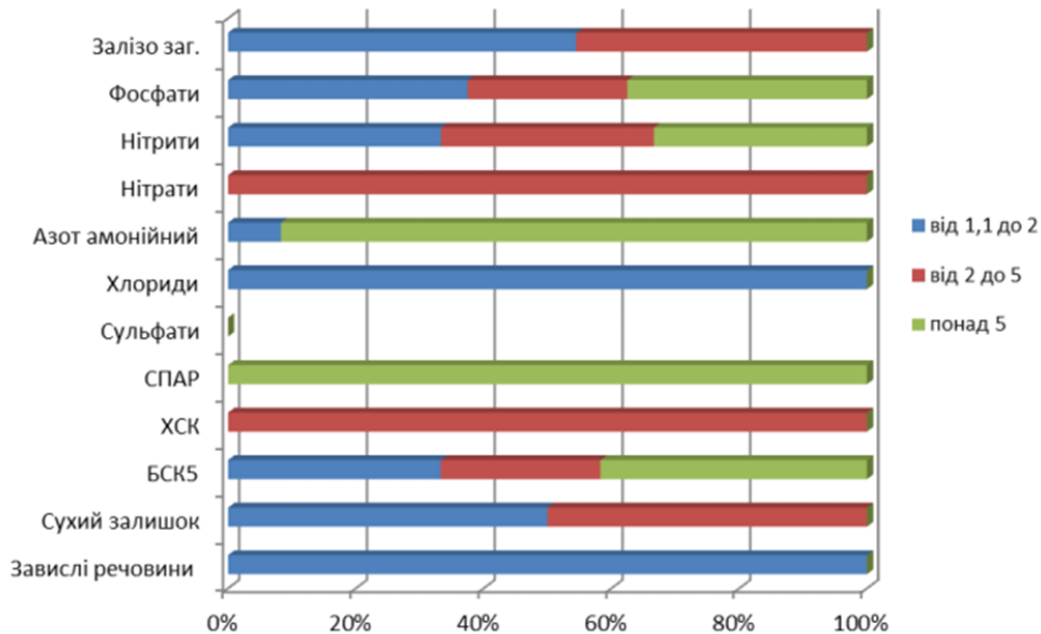


Рис. 1. Кратність перевищень встановлених нормативів хімічних елементів у досліджуваних пробах стічних вод за 2018 рік

Такі дані моніторингу показали, що неефективно працюють очисні споруди в Жовківському районі. Скид неочищених та недостатньо очищених комунальних та промислових стоків відбувається через фізичний та моральний знос очисних споруд та відсутність коштів на їх будівництво, ремонт та реконструкцію. Внаслідок тривалої експлуатації без необхідного поточного ремонту систем водопостачання та каналізації більшість водопровідно-каналізаційних господарств перебувають в незадовільному технічному стані, який постійно погіршується, частина з них є в аварійному стані. Тому необхідно розробити стратегію модернізації очисних споруд промислових стоків. Стратегія включає запровадження анаеробного розкладу мулу, впровадження стадії видалення мікроелементів (азоту та фосфору), раціональне використання площі станцій промислового очищення стоків.

**МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДНІСТРОВСЬКОГО
РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ**

М. І. Мосюк, К. О. Радловська, Д. О. Зорін

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Івано-Франківськ, Україна, katolrad22@gmail.com

Антропогенні зміни довкілля за останні десятиліття стали глобальними для всієї земної кулі. Вони глибоко проникають у всі компоненти навколишнього середовища – літосферу, геоморфосферу, гідро – та атмосферу, ґрунтовий та рослинний покриви, змінюють фізичні поля Землі та Космосу, перетворюючи первісні природні ландшафти на природно-антропогенні геосистеми та загрожують здоров'ю і життю людини. Особливо чутливими до змін найменш захищені природні ландшафти на територіях природно-заповідного фонду – пам'яток природи, заказників, регіональних ландшафтних парків, національних природних парків, природних та біосферних заповідників.

Авторами оцінений техногенний вплив на поверхневі води Дністровського регіонального ландшафтного парку, що охоплює правий берег Дністра, а також – Бистрицько-Тлумацьку та Придністерсько-Покутську височини Прут-Дністерського межиріччя на Івано-Франківщині. Вивчався екологічний стан компонентів довкілля вказаної території – геологічне середовище, рельєф, гідро- та атмосфера, ґрунтовий та рослинний покриви.

Особлива увага приділялась поверхневим водам, які мов кровеносні судини пронизують усі елементи ландшафтів. На обґрунтованій мережі моніторингу із 23 точок відбору проб у 2001-2005-2010-2015 роках проаналізований вміст основних забруднювачів – SO_x, NO_x, нафтопродуктів, цезію-137, стронцію-90, та ін. Виявлено, що їх вміст не перевищує ГДК, але у деяких притоках Дністра перевищено регіональний фон (річки Тлумац, Чорнява), що пояснюється близькістю населених пунктів. У цілому ж поверхневі води Дністра та його приток відносяться до 2 і 3 категорій.

Запропоновані рекомендації по зниженню антропогенного впливу шляхом впровадження геоінформаційної технології захисту навколишнього середовища, його моделювання та прогнозування. Порівняння отриманих еколого-оціночних результатів по Бистрицько-Тлумацькій та Придністерсько-Покутській височинах з сусідньою територією розташованого на лівобережжі Дністра – національним природним парком (НПП) «Дністровський каньйон» показало, що практично усі геоекологічні структури правобережжя мають своє продовження на лівобережжі. Звідси висновок: Дністровський регіональний ландшафтний парк необхідно перевести у категорію природно-заповідного фонду «національний природний парк» та об'єднати його з НПП «Дністровський каньйон».

ОЧИЩЕННЯ МУНІЦИПАЛЬНИХ СТІЧНИХ ВОД БІОТЕХНОЛОГІЄЮ MBBR

О. Грицина¹, О. Поліщук²

¹Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна,

²ТОВ «Побі Вотер Інжиніринг», Київ, Україна

Згідно національної доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна» завдання 6.2 «Забезпечити доступність сучасних систем водовідведення, будівництво та реконструкцію водозабірних та каналізаційних очисних споруд із застосуванням новітніх технологій та обладнання» передбачає, що у 2030 році частка сільського населення, яке має доступ до покращених умов санітарії буде становити 80 % (2015 рік – 1,9 %), частка міського населення, яке має доступ до централізованих систем водовідведення 100 % (2015 рік – 87,1 %). Таким чином назріла нагальна потреба в реалізації принципово нових технологій, які б в умовах перманентних змін витрати та концентрації забруднень дозволили задовільнити вимоги щодо якості очищення муніципальних стічних вод. Реактори типу BBR (Bed Biofilm Reactor) – це технологічна схема роботи реактора з використанням іммобілізованих мікроорганізмів на носіях. Носії можуть бути динамічними MBBR (moving) – вільноплаваючі в товщі стічних вод і стаціонарно закріплені в реакторі FBBR (fixed).

В процесі досліджень біотехнології MBBR (moving bed biological reactor) на промисловій установці «BioEnergy» основною задачею було перевірити працездатність біотехнології MBBR на реальних стічних водах міста Рівне та працездатність конструкції розробленої промислової установки «BioEnergy», визначити ефективність і оптимальні технологічні параметри процесу біологічного очищення муніципальних стічних вод міста Рівне. Одночасно необхідно було отримати дані про динаміку приросту біоплівки на носіях впродовж періоду очищення при зміні технологічних параметрів роботи установки згідно плану експерименту та оцінити ефективність використаних носіїв та виконати порівняння з системами з вільноплаваючим активним мулом.

На першому етапі досліджень виконувались пуско-налагоджувальні роботи та введення промислової установки «BioEnergy» в роботу. В процесі пуско-наладки контролювали технологічні параметри установки таким чином, щоб концентрація активного мулу в установці становила 2,5-3,0 г/дм³. Перший етап передбачав очищення стічних вод вільноплаваючим активним мулом. Етап передбачав перевірку працездатності установки як за технологічними так і за гідравлічними параметрами. Пуско-налагодження установки було завершено впродовж 3-4 тижнів, отримавши на виході з установки заплановані результати очищення та стабільні технологічні параметри. На другому етапі в 2 реактор установки «BioEnergy» були завантажені носії для іммобілізації мікроорганізмів у два етапи. Таким чином 2 реактор працював за біотехнологією MBBR. З метою оцінки динаміки приросту

біоплівки на носії періодично здійснювали відбір носіїв в кількості 110-150 штук з 2 реактора установки. Приріст біоплівки оцінювали за кількістю сухої речовини біоплівки, що припадає на 100 штук завантаження від початку досліджень. Крім того, відповідно до плану експерименту виконували періодичне вимірювання концентрацій забруднень БСК, ХСК, азоту амонійного, нітритів, нітратів, розчиненого кисню, температури та рН.

Промислова установка «*BioEnergy*» являє собою прямокутну в плані споруду висотою 2000 мм та шириною 1150 мм і довжиною 1850 мм. Для реалізації плану експерименту установка була поділена на два реактора та відстійник за допомогою перегородок з поліпропілену. Гідрравлічне сполучення реакторів 1 та 2 та реактора 2 і відстійника здійснювалося за допомогою пристрою з перфорованої труби. В якості завантаження для іммобілізації мікроорганізмів використовували завантаження українського виробництва марки F1 з питомою площею носія $2000 \text{ м}^2/\text{м}^3$, вагою 0,225 г та діаметром 10 мм.

Дослідження біотехнології *MBBR* на промисловій установці «*BioEnergy*» проводилися з 06 серпня по 23 листопада 2018 року. На установку подавалися стічні води після первинного відстійника очисних споруд. Витрата стічних вод, була одним із параметрів при проведенні експерименту і регулювалася в межах 4-6 $\text{м}^3/\text{добу}$. Концентрація розчиненого кисню також була обрана за один із параметрів експерименту і змінювалася в межах 3-6 $\text{мг}/\text{дм}^3$, контроль здійснювали за допомогою оксиметру та лабораторними методами вимірювання. Значення *БСК₅* за період досліджень у вхідній воді коливалося в межах 156-257 $\text{мг О}_2/\text{дм}^3$, азоту амонійного 46,5-77,6 $\text{мг}/\text{дм}^3$, завислих речовин 119-188 $\text{мг}/\text{дм}^3$. Ефект очищення по *БСК₅* за біотехнологією *MBBR* на промисловій установці склав у підсумку 93-97 %, а за амонійним азотом більше 98 %. Таким чином промислова апробація біотехнології *MBBR* дозволила забезпечити високий ефект очищення.

Висновки: 1. Підтверджено високий ефект очищення стічних вод за основними забруднювачами в установках із використанням біотехнології *MBBR*; 2. Розроблено методику проведення досліджень біотехнології *MBBR* з апробації та встановлення основних технологічних параметрів очищення муніципальних стічних вод, що може бути використана в інших населених пунктах України; 3. Розроблена конструкція промислової установки продуктивністю 6-10 $\text{м}^3/\text{добу}$ може бути використана при очищенні стічних вод з близьким складом забруднень та забезпечити ефект очищення по *БСК₅* ≥ 97 %, по амонійному азоту ≥ 98 %; 4 Проведені дослідження з промислової апробації біотехнології *MBBR* дозволили встановити основні технологічні параметри роботи установок; 5. Досліджено приріст біоплівки на носіях типу F1 за сухої речовиною на основі реальних муніципальних стічних вод.

**ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНОЇ ВОДИ МОРСЬКИХ СУДЕН:
ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

**А. Г. Данілян, Н. Б. Тірон-Воробйова, Н. П. Биковець,
О. Р. Романовська, М. М. Чумаченко**

Дунайський інститут Національного університету «ОМА», м. Ізмаїл, Україна

Весь цивілізований світ обурений складною екологічною ситуацією, взагалі, катастрофою, яка неодмінно впливає на весь навколишній світ (люди, тварини, рослини, Світовий Океан), першочергово торкаючись найголовнішого – природи. Саме від дієвих кроків людства залежатиме збереження світових природних ресурсів.

В першу чергу, людству не обійтись без невичерпаних водних джерел Світу.

Вода – природне джерело, яка дає змогу кожен день існувати людині, рослинам, тваринам. Вода є також невід’ємною складовою перебування в ній саме морського транспорту і, як відомо, мільйони суден перетинають морські кордони багатьох країн Світу. Морським транспортом перевозиться велика кількість вантажу. Для баластування суден, а саме, дотримання необхідної остійності, крену, транспортних характеристик необхідна, як це відомо, саме вода, яка виступає забортною, баластною. Першочергово це стосується великотоннажних суден, які маневрують Світовим Океаном усюди.

Відомо, що вода – це також легкий переносник багатьох речовин, живих організмів завдяки своїй швидкій проникності, пересуванню, текучості. Саме тому, морем можуть пересуватися сотні тисяч морських організмів, які, в багатьох випадках, не перебувають в ролі «очисних», тобто тих, які приймають на себе весь «негатив» води, а, навпаки, свідомо заселяючи певні території (переселенці-інвазії), переносяться Світовим Океаном, наносячи свідомий негативний вплив іншим живим організмам, які є природними каталізаторами, зокрема, всьому суспільству. Останнє чітко підкреслено в нових, більш жорстких вимогах Морської організації ІМО. Завдяки таким вимогам, зокрема правило D-2, на певних конкретних суднах виникає необхідність встановлення СУБВ – систем управління баластними водами, очисного обладнання, яке б контролювало кількість та розмір переселенців (інвазій).

Тому, дивлячись на різнобічність цієї складної екологічної катастрофи, в якій перебуває все суспільство (з кожною «нотою» життя ситуація погіршується), нами – науковцями Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія» (м. Ізмаїл, Одеська область) було детально переглянуто цілий спектр підприємств-виробників очисних споруд, очисного обладнання та, дотримуючись вимог D-2, з другого

боку, запропоновано систему очищення та знезараження водного баласту, яка перш за все стосується суден, які «перевалюють» величезну кількість вантажу.

Запропоноване нами устаткування повністю відповідає стандартним нововведенням ІМО. Принцип роботи дієвої установки засновано на високих нанотехнологічних принципах. Завдяки багатофункціональності всього запропонованого процесу очищення водного баласту вдалося досягти неабиякого технічного результату. Запропоноване устаткування для використання її у Світовому морському флоті має безперечні переваги: електрогідродудар ефекту Юткіна по знищенню інвазій та хвороботворних штамів, «саморозвантажувальний» фільтр з нановуглецевими вставками, який дозволяє робити відсівання твердих елементів і мікроорганізмів в ізольованих баластних водах до 0,0024 мм з низьким опором води, що проходить; застосування реагенту хелату заліза для знезараження і знищення (очищення) живих організмів у баластній воді (пройшов успішні випробування по знищенню шкідливих молюсків в рослинництві, що дає повну впевненість його використання в ізольованому судновому баласті). Енерговитрати установки складають 0,3 – 0,4 кВт на 1 м³, що цілком прийнятно для використання навіть на найбільших океанських судах, де продуктивність відкачування баласту доходить до Q = 6 тис. м³/годину.

Безперечно вдалося досягти вихідних результатів очищення та знезараження водного баласту стовідсотково, з впевненістю очікувані результати у відсотковому значенні на 30 % нижчі за вимогами стандарту D-2, з урахуванням електрогідродудар ефекту Юткіна.

Перспективами подальших досліджень є дійсно вагомий крок: це пропозиція встановлення розробленої нами очисної споруди (станції) на певному конкретному судні. Якщо конкретно судновласник розгляне нашу пропозицію, то ми будемо мати змогу перевірки всіх «робочих моментів» нашого устаткування; отримати необхідні параметри та результати щодо знезараження та очищення баластної води на всіх етапах плавання, у будь-якому регіоні. Матимемо можливість «підключення» фахівців-екологів для перевірки рівня забруднень у водному баласті на рівні АМПУ (адміністрації морських портів України), зокрема, керівних посадовців у галузі захисту навколишнього середовища, підвищення рівня екологічної безпеки.

**ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ ТИПУ CHLORELLA
ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

В. В. Дячок, С. Т. Мандрик, С. І. Гуглич

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Глобальне техногенне навантаження викликає значне забруднення навколишнього середовища, яке пов'язане з розширенням масштабів виробництва та недосконалістю технологій, які використовуються. Особливо це стосується викидів в гідросферу. В даний час очищення стічних вод ґрунтується на бактеріальній діяльності. При цьому необхідною умовою є барботування (продування повітрям та перемішування для збагачення стічних вод киснем) активного мулу в аеротенках повітрям, з якого бактерії для своєї життєдіяльності поглинають кисень, а в навколишнє середовище викидають вуглекислий газ (CO_2). Проблемою даної системи очищення є колосальні витрати кисню на бактеріальні процеси деструкції органічних та мінеральних речовин в стічних водах, а вуглекислий газ (CO_2), як продукт життєдіяльності бактерій, виділяється в повітря, тобто сьогодні існуючі очисні споруди є споживачами кисню та забруднювачами повітря вуглекислим газом (CO_2). Слід також зазначити, що біологічна особливість бактерій полягає в тому, що вони вузько спеціалізовані, тобто немає одного виду бактерій, який міг би очистити весь спектр забруднюючих речовин, що знаходяться в стічних водах.

Новітні технології пропонують спосіб очищення стічних вод з різною концентрацією забруднюючих речовин за допомогою певного штаму мікроводоростей. Екологічно це виправдано тим, що для своєї життєдіяльності мікроводорості споживають вуглекислий газ (CO_2) та виділяють кисень. Еволюційно мікроводорості знаходяться на вищому ступені розвитку в порівнянні з бактеріями, і тому багато їх видів є універсальними споживачами багатьох органічних та мінеральних речовин.

За допомогою штаму мікроводоростей типу *Chlorella* досягається високий ступінь хімічної та повна бактеріологічна очистка, незалежно від виду та патогенності мікроорганізмів. Для використання цього штаму не потрібно реорганізації або капітального будівництва нових очисних споруд. Очищені та знезаражені стічні води, як «зелені» добрива, можна використовувати для меліоративного землеробства

Культивування мікроводоростей є найбільш економічним варіантом обробки стічних вод, які в свою чергу представляються перспективним субстратом для виробництва біопалива. Обробка стічних вод з отриманням біомаси мікроводоростей створює можливість одночасного виробництва енергії та очищення стічних вод.

Існують попередні оцінки, які свідчать про високу енергоефективність одночасного видалення біогенів із стічних вод та культивування мікроводоростей. У той же час, не дивлячись на істотні потенційні переваги, виробництво біопалива з мікроводоростей з використанням в якості субстрату стічних вод не практикується ще в промисловому масштабі через наявність ряду невирішених проблем.

На відміну від прогнозованих результатів культивування мікроводоростей в прісній воді, в разі стічних вод швидкість росту та склад мікроводоростей змінюються в залежності від вихідних параметрів субстрату. Ліпідний склад та інші характеристики визначають вибір видів водоростей для культивування в прісній воді. Коли в якості субстрату використовують стічні води, вибір типу водоростей пов'язують з характеристиками стічної води.

У процесі культивування мікроводоростей ідеальним є отримання високого виходу біомаси з високим ліпідним змістом. Однак отримання даних показників можливо тільки в результаті компромісу. Крім цього, компроміс між ліпідним значенням та продуктивністю по біомасі може бути досягнутий шляхом культивування полікультури мікроводоростей типу *Chlorella*.

Через різноманітний склад стічних вод полікультура мікроводоростей типу *Chlorella* має переваги в порівнянні з монокультурою. Однак вихід біомаси не завжди корелює з різноманіттям видів мікроводоростей, в деяких випадках спостерігається зниження виходу полікультури в порівнянні з монокультурою, що вказує на необхідність обґрунтованого вибору складу полікультури.

Іншим обмеженням, стримуючим повномасштабне застосування культивування мікроводоростей типу *Chlorella* для видалення біогенів та виробництва енергії, є енергоємний процес збору мікроводоростей, однак застосування мембранних технологій, ймовірно, дасть можливість знівелювати дану проблематику.

Кисень, який виділяється мікроводоростями зменшує витрати на аерацію, а емісія парникових газів зменшується споживанням вуглекислого газу (CO_2), що виділяється в процесі культивування мікроводоростей в результаті фотосинтезу. Крім цього, біомаса мікроводоростей характеризується хорошим відстоюванням, ефективним зниженням ХСК та видаленням біогенів. Оскільки для культивування мікроводоростей типу *Chlorella* необхідний вуглекислий газ (CO_2), виникає можливість використовувати його емісію на підприємствах інших галузей промисловості (наприклад електростанції) таким чином, знижуючи викиди в атмосферу.

Використання мікроводоростей типу *Chlorella* для очищення стічних вод – це нові можливості, що дозволять змінити екологічну ситуацію та створити надійну систему очищення навколишнього середовища.

ОСАД СТИЧНИХ ВОД – КОМПОНЕНТ СУБСТРАТУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ

О. М. Шквірко, І. С. Тимчук, М. С. Мальований

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Впродовж останніх десятиліть велику увагу привертають відходи, які утворюються в процесі виробництва та споживання, а саме техногенні відходи. До таких відходів, можна віднести: відходи від видобутку вугілля, кальцієвмісний шлам теплоелектростанцій, осади стічних вод (активний мул), відходи від виробництва біогазу (відпрацьована біомаса) тощо. На сьогоднішній день значна кількість утворених відходів лише забруднює навколишнє середовище, тому актуальним питанням є можливість використання їх у різних галузях промисловості.

У багатьох країнах світу великого значення набули відходи, які утворюються в процесі біологічного очищення стічних вод, а саме осади. Ці відходи є багатими на різні органічні компоненти, тому їх можна використовувати як вторинну сировину. На даний момент відомі декілька способів утилізації осадів стічних вод: захоронення, спалювання, аеробне та анаеробне перетворення тощо.

У світовій практиці основним способом утилізації стічних вод все ще є захоронення, проте у більш розвинених країнах світу його використовують у різних галузях промисловості. Так, наприклад, відомо, що в процесі аеробного перетворення осадів стічних вод утворюються гумінові кислоти, а при анаеробному – білки та ароматичні кислоти, що свідчить про можливість використання осадів стічних вод як органо-мінеральних добрив у сільському господарстві. Саме такий спосіб утилізації осадів є найбільш популярним в багатьох країнах Європейського Союзу, де частка використання осадів стічних вод у сільському господарстві становить більше 50%. В США осад стічних вод використовують як біопаливо для отримання енергії. В Китаї та Японії його використовують для виготовлення будівельних матеріалів (цегли, цементу) та виділення цінних компонентів таких як азот, вуглець, фосфор. Однак усі перераховані методи утилізації осадів мають значний недолік, який пов'язаний з вартістю експлуатаційних видатків на утилізацію 1 м³.

Тому, актуальним питанням є пошук нових та доступних шляхів утилізації утворених та відпрацьованих осадів.

Метою даної роботи є визначення можливості використання осадів стічних вод як компоненту субстрату для біологічної рекультивації земель.

Дослідження проводилися шляхом застосування методу біоіндикації, з використанням свіжих та відстояних (зберігалися в герметичному середовищі впродовж 6 місяців, для

імітації умов накопичення осадів на мулових майданчиках) осадів, які були відібрані на Львівських КОС. Дослідження проводили в чотири етапи.

На першому етапі відстояні осади змішували з темно-сірим опідзоленим ґрунтом у співвідношенні (%): 100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80; 0:100. В чашки Петрі на створеному субстраті висаджували по 10 насінин ячменю звичайного, гірчиці білої та крес-салату. Паралельно проводили дослід, в якому використовували суміш ґрунт+термічно оброблений осад та ґрунт+відстояний осад у співвідношенні (%): 60:40; 20:80; 0:100, висаджуючи по 10 насінин ячменю звичайного та ячменю протравленого протруйником Вітавакс 200ФФ. В результаті проведення дослідів, було встановлено, що крім контрольних зразків (ґрунт) проростання насінин не спостерігалось в жодній пробі.

На другому етапі використовували свіжі осади у співвідношенні (%): 100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80; 0:100. На створений субстрат висаджували ячмінь звичайний, ячмінь протравлений (Вітавакс 200ФФ) та крес-салат. В результаті було встановлено, що проростання рослин не відбувалося на субстратах, де частка осадів перевищувала 40%. У пробах з вмістом осаду 20%, проростання рослин в середньому становило 80%.

На третьому етапі дослідження використовували свіжі осади та ґрунт у співвідношенні (%): 100:0; 80:20; 75:25; 70:30; 65:35; 60:40, з додаванням цеоліту (%): 0; 5; 7,5; 10. Для проведення біоіндикації використовували 10 насінин ячменю звичайного. В ході проведення дослідження було встановлено що при додаванні до суміші осаду та ґрунту цеоліту, проростання спостерігалось в усіх пробах. При цьому найкращий показник сходження ячменю показали проби з вмістом цеоліту 10%, середній показник проростання – 90%.

На четвертому етапі використовували ґрунт + осад стічних вод + пусті породи з териконів + сорбент у співвідношенні (%): 30:30:30:10, а також осад+пусті породи+сорбент у співвідношенні (%): 45:45:10, висаджуючи 10 насінин ячменю звичайного. Встановлено, що проростання рослин не спостерігалось в жодній пробі, це може бути пов'язано з неправильно підібраним складом субстрату.

Таким чином, отримані результати досліджень свідчать, що осади можна використовувати як компонент при створенні субстрату для проведення біологічної рекультивації порушених земель, але їх кількість не доцільно перевищувати за 20 %, проте при додаванні в композицію сорбентів, можна досягнути набагато кращих показників, для прикладу, 5 % цеоліту дозволить збільшити вміст осадів до 30-35 %.

В подальшому плануються дослідження, в яких для проведення біоіндикації будуть застосовуватися енергетичні культури рослин такі як пажитниця та райграс.

РОЗВИТОК ВОДНО-ЗЕЛЕНОГО КАРКАСУ ВІННИЦІ

Г. П. Петришин, Н. Я. Данилко, В. Ю. Полянська

Національний університет «Львівська політехніка»

Річка Південний Буг із системою приток сприяла закладенню та розвитку міста Вінниці. Епоха індустріалізації та правила функціонального зонування створили труднощі доступу до річки та zdeформували природній каркас міста, подрібнюючи та ізолюючи зелені простори міста. Проте основною перешкодою для урівноваженого розвитку міста та сучасного використання річки Південного Бугу з притоками, які її живлять, є їх забруднення (брак моніторингу та постів спостереження). Також є ряд невирішених проблем у водопостачанні міста і водовідведенні.

У 2019 р. була прийнята Концепція інтегрованого розвитку міста на найближче десятиліття “Вінниця-2030”. Опрацьовано візію “Екологічне і зелене місто над річкою Південний Буг, місто сталої мобільності”. У пріоритеті є питання очищення головної міської річки та її приток, а також підтримка в належному стані Бугу й у подальшому, поруч із повним реформуванням технічних мереж міського водопостачання. Є також намір створити концепцію солідарної відповідальності за Буг між усіма містами та громадами, повз які протікає річка.







Якісним архітектурно-планувальним вирішенням передують ряд технічних завдань як очищення водойм міста, зокрема Південного Бугу та впорядкування їхніх прибережних зон; поліпшення якості питної води з наявних джерел і систем водопостачання, диверсифікація джерел водопостачання; оновлення застарілих каналізаційних мереж, будівництво та реконструкція очисних споруд; створення окремої системи збору та очищення талої та дощової води.

Вінниця потребує збалансованого просторового розвитку, який включав би створення нових рекреаційних зон, модернізацію існуючих та їх пов'язання їх у систему, прив'язану до водних ресурсів. Таке завдання опирається дослідження планів розвитку міста (табл. 1.) та проведення аудиту всіх водних (підмоклих) та зелених і занедбаних ділянок в місті і нанести їх на "Водно-зелену карту Вінниці" з метою закріплення їх згодом в зеленому каркасі міста, найменуванню та постановці на кадастровий облік. Слід співпрацювати із радикально налаштованими городяни, навчити їх і залучити до процесу створення громадських упорядкованих просторів, як частини водно зеленого каркасу міста. Варто також залучити городян і експертів в розробку майстер-планів територій і реалізації проектів та знайти ефективні стратегії і тактики для створення водно-зеленого каркасу. Розробити концепцію

зеленого каркасу міста (рис. 1.). Моніторити та позначити проблеми погіршення стану міського середовища, зниження показників його якості та створити міську модну течію на участь в озелененні та благоустрої міста.

Таблиця 1

Функціональна та природнича оцінка структури міста Вінниці.

Схема розташування житлових районів	Схема озеленення
	
Схема розташування громадських об'єктів	Якість прирічкового простору
	
Схема розташування промисловості	Гідрографічний каркас
	

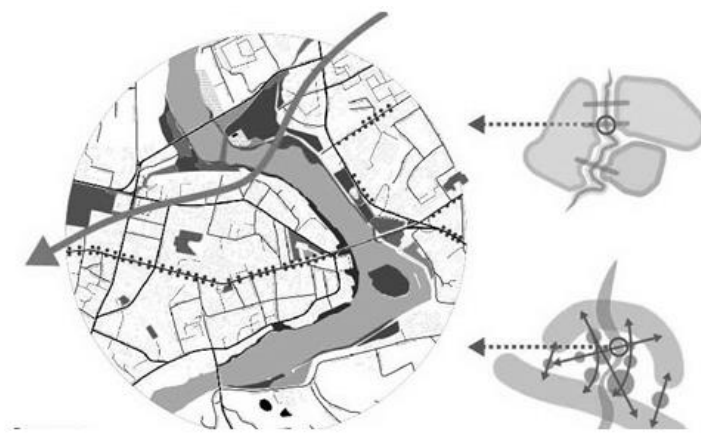


Рис. 1. Концепція водно-зеленого каркасу Вінниці

ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВОД ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОТЕХНОЛОГІЙ

О. Р. Попович¹, Н. Ю. Вронська¹, В. І. Васьків², О. Д. Масловська²

¹Національний університет «Львівська політехніка»

²Львівський національний університет ім. І. Франка

Моніторинг забруднення природних вод дає можливість зробити висновок, що необхідно впроваджувати нові технології, які дозволять одержати воду для господарсько-побутових потреб, що відповідатиме санітарно-гігієнічним нормативам.

Важливу роль мають біологічні процеси та технології для очищення промислових вод. Очищення з використанням мікроорганізмів, забезпечує високу ступінь очищення стоків.

Відомо, що стічні води спиртових заводів містять високі концентрації органічних речовин, зокрема органічні кислоти. Тому метою нашого дослідження було запропонувати метод зниження значення ХСК.

Ефективність біологічних технологій очищення залежить від таких факторів як температура, рівень живлення, вміст біогенних елементів, концентрації кисню, наявності токсичних речовин.

Внаслідок аеробного процесу стічної води спиртзаводу упродовж 26 діб ХСК знизилося на 30% , а протягом 37 діб на 65 %. Припускаємо, що внаслідок тривалого аерування упродовж 26 діб окислюються органічні речовини.

Дослідження проводились в умовах безперервної аерації. Для очищення промислових вод спиртзаводів біологічні методи є одними з перспективних. Нами вивчались штами мікроорганізмів які можуть в перспективі використовуватися для очищення промислових вод харчової промисловості.

Проби відбирали з відстійника інфільтрату Львівського полігону. Облік чисельності мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп проводили методом поверхневого посіву суспензій із інфільтратів з відповідних розведень на агаризовані живильні середовища за методом прямого підрахунку колонієутворювальних одиниць (КУО).

З озера інфільтратів Львівського полігону твердих відходів було виділено штами мікроорганізмів, які ймовірно сформували механізми резистентності – М 2-2, М 2-4, М 3-4, К 1-1, К 2-1, К 3-1, К 4-1.

Було детально вивчено морфологічні та фізіолого-біохімічні властивості цих штамів мікроорганізмів. Дослідженнями особливостей розвитку біоценозу аерованої лагуни встановлено, що мікроорганізми, виділені із інфільтрату Грибовицького сміттєзвалища, є перспективними для створення біотехнологій для очищення забруднених вод, оскільки є стійкими до впливу поширених поллютантів, зокрема іонів важких металів.

**ПРОБЛЕМА НЕКОНТРОЛЬОВАНОГО РОЗВИТКУ
ЦІАНОБАКТЕРІЙ В УКРАЇНІ ТА КАНАДІ**

М. Мальований¹, Х. Соловій¹, Tri Nguyen-Quang²

¹Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

²Далхаузі університет, Нова Шотландія, Канада

Неконтрольований розвиток синьо-зелених водоростей (ціанобактерій) здебільшого відбувається у результаті антропогенної діяльності людини (скидання неочищених каналізаційних стоків, використання фосфатних миючих засобів тощо), проте існують й інші фактори, які спричиняють появу «цвітіння» водойм. Це фізичні (припливи, опріснення, висока сонячна радіація, вертикальна стратифікація), хімічні (високий вміст біогенів, органіки, сполук фосфору та азоту зокрема), біотичні (відсутність або скорочення поїдання водоростей зоопланктоном чи рибами) фактори. Наслідки такої екологічної проблеми перш за все стосуються місцевої аквабіоти, яка гине у результаті браку кисню, який споживається ціанобактеріями в процесі неконтрольованого розвитку. Окрім загибелі місцевої аквабіоти, «цвітіння» водойм є також небезпечним і для людей, оскільки спричиняє низку респіраторних захворювань, харчових отруєнь та інших недуг. Коли від «цвітіння» водойм потерпають ріки великого рекреаційного значення, то це ще й виникає економічна проблема.

В Україні «цвітіння» Дніпра за останні роки йде не на спад, а навпаки все більше зростає. Однією з причин такої проблеми для цієї ріки на думку окремих експертів, є у результаті порушення водообміну, а також перетворення ріки в каскад водосховищ, через що сповільнився потік і вода, катастрофічне обміління столичної акваторії Дніпра, зміна гідрологічного режиму річки, мала проточність води. Фахівці також наголошують, що в Україні проблема «цвітіння» Дніпра може спричинити виникнення онкологічних захворювань і гепатиту С.

В Канаді одним з групи Великих Озер є Ері, яке потерпає від проблеми «цвітіння». На 2019 рік Національне управління океанічних і атмосферних досліджень в Канаді спрогнозувало «цвітіння» озера за позначкою 7,5 за 10 – бальною шкалою важкості. Однією з причин такого прогнозу і вже наявної проблеми є також важкі опади поточного року та бідний врожай. Канадське агентство з інспекції продовольства наголошує, що існують 3 основні симптоми у результаті отруєння токсинами, що виділяються у процесі «цвітіння» водойм, які накопичуються у рибі чи молюсках: це амнезійне отруєння молюсками, діарейне отруєння молюсками та паралітичне отруєння молюсками. Рутинне тестування води федеральними службами дозволяє запобігти потраплянню токсинів в людський організм через морепродукти та інформувати рішення для припинення збору молюсків.

**COEFFICIENTS OF FLOW RATE OF NOZZLES WITH LATERAL INLETS
INSTALLED IN PRESSURE DISTRIBUTIVE PIPELINES**

I. V. Bihun¹, V. V. Ivaniv¹ V. V. Cherniuk^{1,2},

¹ - Lviv Polytechnic National University, department of hydraulics and sanitary engineering,
v.cherniuk@ukr.net, 79013, 12, Bandera street, Lviv, Ukraine,

² – Catholic University of Lublin named after John Paul II, Poland.

Pressure pipelines (PP) are important elements in purifying structures of treatment of natural and sewage waters (in filters) in cooling systems of circulating waters of thermal and nuclear power plants (in spray ponds and in salt pans).

A method of regulating the non-uniformity of fluid dispensation along pressure distributive pipelines (DPs) has been invented [1]. For the cylindrical nozzles with lateral orthogonal inlet of stream in the wall of a DP (Fig. 1), the value of the coefficient μ of flow rate changes in the course of regulation of the value of the angle β between the direction of flow movement \vec{V} of fluid inside the DP and the direction of movement \vec{v} of the stream running out of the fluid flow (Fig. 2). **The aim of this work** is to experimentally determine the values of the coefficient μ of flow rate of these nozzles depending on the angle β .

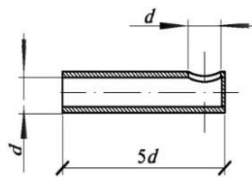


Fig. 1. Schematic diagram of cylindrical nozzle with orthogonal lateral inflow

An experimental set-up with gravitational water supply was applied. The operating heads on the nozzles were varied from 0.01 to 16.70 m. The butts of the cylindrical nozzles near their lateral inlets were blinded (see Fig. 1). The nozzle was installed in the wall of a segment of DP with the possibility of its rotation about its longitudinal axis (see Fig. 2). The angles β were assigned the values 0° , 45° , 90° , 135° , and 180° . The

inner diameters d of the investigated nozzles were equal to 4.83, 6.01, 8.02, and 8.99 mm. The nozzles were installed in DPs whose diameters D were equal to 11.28; 16.13; 20.18, and 26.01 mm. The ratios $(d/D)^2$ of the areas of cross-sections of nozzles to those of DPs were equal to 0.0887; 0.119; 0.158; 0.183, and 0.251.

In this work, results of experimental determination of values of the coefficient μ of flow rate of nozzles for the values of $(d/D)^2 = 0.119$ and 0.158 for $\beta = 0^\circ$, 45° , 90° , 135° , and 180° . The values of the coefficient μ essentially depend on the angle β , on Reynolds' criterion $Re_d = vd/\nu$ (Fig. 3), and on the ratio of areas $(d/D)^2$ (Fig. 4). The greatest range of variation of μ (up to 23 %)

was obtained for the nozzle of $d = 8.08 \text{ mm}$, which was installed in a DP of $D = 16.13 \text{ mm}$, for $(d/D)^2 = 0.251$ (see Fig. 4).

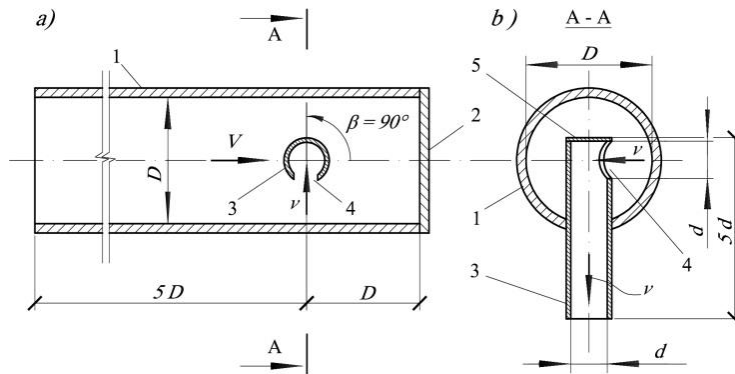


Fig. 2. Schematic diagram of outlet cylindrical nozzle with orthogonal lateral inflow for $\beta = 90^\circ$ positioned at the end of DP: a – longitudinal section; b - section A-A; 1 – wall of DP; 2 butt blind of DP; 3 – nozzle; 4 – inlet hole of nozzle; 5 – blind near inlet butt of nozzle

Fig. 3. Dependence $\mu = f(\text{Re}, \beta)$ for nozzles whose $(d/D)^2 = 0.158$ for different values of β ; $\text{Re}_d = vd/v$ is the Reynolds` criterion for water stream in nozzle

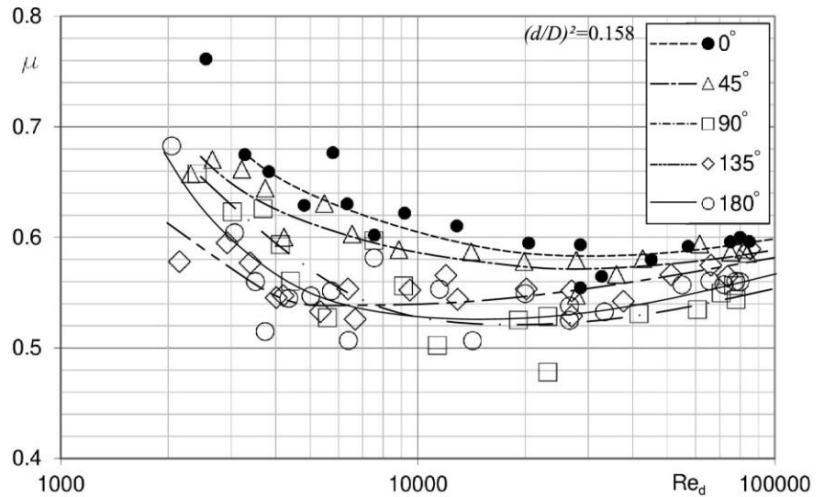
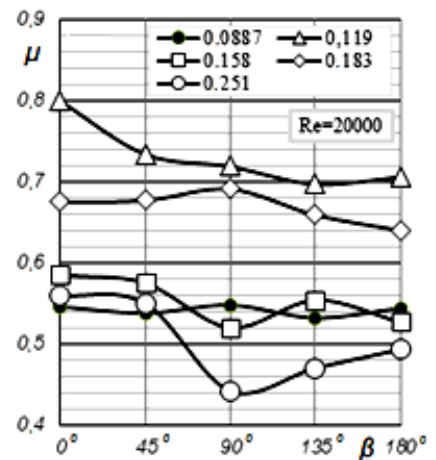


Fig. 4. Dependences of coefficient μ of flow rate of nozzles on the value of angle β . The curves are plotted for $(d/D)^2 = 0.0887; 0.119; 0.158; 0.183,$ and 0.251 for $\text{Re}_d = 20000$



Because of the change in operating head along the pressure distributive pipelines, the fluid dispensation from them is non-uniform. However, for many technological processes it is uniform dispensation that is desirable. By means of regulation of value of the angle β , we have obtained the

variation of the coefficient μ by 23 % only of one nozzle; it was installed in a short pipe whose diameter was D and the length $6D$ (see Fig. 2). For a longer DP which contains ten or more nozzles we can achieve essential reduction of non- uniformity of fluid dispensation along the path. The investigations of the authors of this article are aimed at detection of geometric and hydrodynamic parameters of DP under which this aim can be achieved.

1. Cherniuk, V. V., and Ivaniv, V. V. (2017). Parent for invention, № 115840 (Ukraine), IPC GO5D 7/00, F17D 1/02, F17D 1/08. Method of regulation of fluid flow rate along the pipelines with nozzles // Bulletin № 149017, Ukrainian Institute of Intellectual Property, 5 pages.

CONTENTS

Bedjaoui A., Kherroubi A. A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE USE OF CONSTANT MANNING-STRICKLER AND CHEZY'S COEFFICIENTS AND ANEW METHOD TO DETERMINE KS AND C USING THE ROUGH MODEL METHOD (<i>Algeria</i>)	7
Bejanidze I., Pohrebennyk V., Kharebava T., Davitadze N. STUDY OF COMPOSITION AND PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOME NATURAL WATERS OF GEORGIA.....	10
Borowski G., Kujawska J., Wasąg H. APPLICATION OF ZEOLITE IN REMOVAL OF HAZARDOUS METAL IONS FROM DRILLING MUD WASTEWATER.....	11
Borysov O., Kofanova O. ASSESSMENT OF THE AUTOMOBILE POLLUTION INFLUENCE ON URBAN ROADSIDE TERRITORIES AND SURFACE WATERS.....	12
Chudzicki J., Umiejewska K. ZMIANY SKŁADU ŚCIEKÓW BYTOWYCH SPOWODOWANE OSZCZĘDZANIEM WODY W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH.....	14
Ciopińska J., Bezak-Mazur E. WPŁYW BAKTERII BACILLUS MEGATERIUM NA SOLUBILIZACJĘ FOSFORU Z OSADÓW ŚCIEKOWYCH.....	15
d'Obryn K., Szalińska E. IMPACT OF THE RETENTION RESERVOIR ON GROUNDWATER – ON THE EXAMPLE OF THE NEWLY BUILT ŚWINNA PORĘBA RESERVOIR.....	16
Dawidowicz J., Czapczuk A., Piekarski J., Malesińska A. APPLICATION OF THE C&RT CLASSIFICATION TREE FOR ASSESSING STORAGE TANK PARAMETERS IN RURAL WATER SUPPLY SYSTEMS.....	17
Dychko A., Remez N., Kiselev V., Kraychuk S., Ostapchuk N. INCREASE OF MONITORING EFFICIENCY AND ECOLOGICAL SAFETY OF WASTEWATER TREATMENT.....	19
Frolova L., Kharytonov M., Koverya A., Klimkina I. REMOVAL OF CHROME BY BIOCHAR PREPARED FROM PLANT WASTE.....	21
Frolova L., Pivovarov, Prokopenko O., Ivanov I., Shpatak R. PURIFICATION OF CHROMIUM CONTAINING WASTE WATER BY MAGNETIC SORBENTS.....	22
Gaska K., Generowicz A., Lobur M., Jaworski N., Ciula J., Vovk M. ADVANCED ALGORITHMIC MODEL FOR POLY-OPTIMIZATION OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT PROCESS USING MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC).....	23
Gołębiowska J., Musz-Pomorska A. COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS OF DOMESTIC HOT WATER PREPARATION IN A HOTEL AND CATERING BUILDING INCLUDING SOLAR ENERGY SYSTEM.....	25
Goraj W., Pytlak A., Stępniewska Z., Kowalska B., Szafranek-Nakonieczna A., Kowalski D., Stępniewski W. WPŁYW RODZAJU MATERIAŁU RUR DOPROWADZAJĄCYCH WODĘ PRZEZNACZONĄ DO SPOŻYCIA NA SKŁAD I LICZEBNOŚĆ MIKROFLORY.....	26
Grubba D., Majtacz J., Hazmi H.A., Mąkinia J. SULFUR TRANSFORMATIONS RELATED TO THE DEAMMONIFICATION PROCESS	29
Iwanek M., Kowalski D., Kowalska B., Suchorab P. FRACTAL GEOMETRY IN DESIGNING AND OPERATING WATER NETWORKS.....	31
Ivanov I., Prokopenko O., Frolova L., Prokopenko N. RESEARCHES OF THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL CONSCIOUSNESS AND EFFICIENCY OF ENVIRONMENTAL EDUCATION OF STUDENTS.....	32
Kharytonov M., Babenko M., Onyshchenko O., Frolova L., Cherkasova M. STUDIES ON INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY AND SAFETY OF WASTEWATER TREATMENT AND SEWAGE SLUDGE UTILIZATION.....	34
Khokhlova L., Lukashov D. BACKGROUND CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN DREISSENA AND WATER OF THE MAIN KAKHOVKA MAGISTRALE CANAL.....	36
Korkmaz İ.H., Çetinkaya C., Yazgan M. EVALUATION OF TURKEY'S WASTEWATER MANAGEMENT PERFORMANCE IN TERMS OF SEVERAL VARIABLES (<i>Turkey</i>).....	38
Kowalska B., Kowalski D., Widomski M. K., Dobrowolska A., Kuziła E. SPATIAL TIME-RELATED CHARACTERISTICS OF WATER QUALITY IN SELECTED POINTS OF MUNICIPAL WATER SUPPLY SYSTEM.....	40
Kowalski D., Iwanek M., Kowalska B., Suchorab P., Mierzwa A., Kępiński K. STUDZIENKA KANALIZACYJNA DO ZASTOSOWANIA W SIECIACH PIERŚCIENIOWYCH.....	42
Kowalski D., Kowalska B., Iwanek M., Suchorab P., Kępiński K., Mierzwa A. NEW UNIVERSAL PIPE SADDLE FOR DRILLING WATER SUPPLY PIPELINES.....	44
Král P. ACTUAL CHALLENGES IN WASTEWATER TREATMENT IN CENTRAL EUROPE – EXAMPLES FROM WWTP HRADEC KRÁLOVÉ, CZECH REPUBLIC.....	45
Królikowska J., Bąk J., Kalfas-Fima A. DOBRE PRAKTYKI W PROCESIE ROZWOJU ZIELONEJ INFRASTRUKTURY W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH.....	47

Kruszelnicka I., Ginter Kramarczyk D., Zembrzuska J. OCENA SKUTECZNOŚCI USUWANIA ZWIĄZKÓW POWIERZCHNIOWO-CZYNNYCH W LABORATORYJNYM SYSTEMIE HYDROFITOWYM.....	49
Kryłów M. WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE (WWA) I ICH POCHODNE (NITRO- I OXY- WWA) W PYLE DROGOWYM WODACH DESZCZOWYCH. (PRZEGLĄD).....	51
Kudlek E. UV-BASED TRANSFORMATIONS OF CONTAMINANTS OF EMERGING CONCERN IN THE WATER ENVIRONMENT.....	52
Kujawska J., Wójcik Oliveira K., Pawłowska M. ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SOIL FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE.....	54
Kulyk M., Bihun I. DETERMINATION OF THE PROCEDURE FOR ELIMINATION OF POLLUTING COMPONENTS FROM INDUSTRIAL AND DRAINAGE SEWAGE.....	55
Łagód G., Majerek D. PECTON COMMUNITY STRUCTURE OF WWTP FOLLOWING DEVICES.....	57
Lebedeva O. S., Iurchenko V. O. ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS COMPOUNDS IN EMISSIONS FROM SEWAGE WELLS.....	58
Lebiocka M., Montusiewicz A., Szaja A., Rembisz S., Nowakowska E. THERMOPHILIC CO-DIGESTION OF SEWAGE SLUDGE AND BREWERY SPENT GRAIN.....	59
Lempart A., Kudlek E., Dudziak M. CONTAMINANTS OF EMERGING CONCERN IN HOTELS POOLS.....	61
Lukyanova V. V., Trofymchuk O. M., Anpilova Ye. S. ENVIRONMENTAL SAFETY OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES WITHIN URBAN AREAS.....	62
Majtacz J., Hazmi H. A., Grubba D., Mąkinia J. CHARACTERISTICS OF THE DEAMMONIFICATION PROCESS AND THE INFLUENCE OF MAIN FACTORS ON THIS PROCESS.....	64
Malesińska A., Czapczuk A., Dawidowicz J. ZAGROŻENIA SKAŻENIA WODY PITNEJ WODĄ Z INSTALACJI PRZECIWOŻAROWYCH.....	66
Markowska M., Ochowiak M., Włodarczak S., Matuszak M. OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW O RÓŻNEJ LEPKOŚCI W ZMODYFIKOWANYCH OSADNIKACH WIROWYCH.....	68
Masikevich A. SANITARY AND HYGIENIC COMPONENT FOR MONITORING OF THE RIVER NETWORK OF POKUTSKO-BUKOVYNIAN CARPATHIANS.....	70
Mikhailieva M., Ruda M., Boyko T. TECHNICAL CONTROL OF INDUSTRIAL WASTE WATER.....	71
Mroczo D., Zimoch I. WYKORZYSTANIE POMIARU POTENCJAŁU ZETA W OPTYMALIZACJI PROCESU KOAGULACJI WÓD POWIERZCHNIOWYCH.....	73
Musz-Pomorska A., Widomski M. K., Ponikowski Ł. CALIBRATION OF HYDRAULIC MODEL OF THE SELECTED MUNICIPAL WATER SUPPLY NETWORK.....	75
Nejranowski J., Szaflik W. CZAS POBORU CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W BUDYNKACH MIESZKALNYCH WIELORODZINNYCH.....	76
Ochowiak M., Włodarczak S., Markowska M., Krupińska A. KONCEPCJA I BADANIA WIROWYCH REGULATORÓW PRZEPIYU WÓD OPADOWYCH.....	79
Orel V., Pitsyshyn B., Popadyuk I. PREPARATION WATER SOLUTIONS OF POLYACRYLAMIDE IN TAYLOR- COUETTE STREAM.....	81
Pruss P. BADANIA TECHNOLOGICZNE MIESZANYCH WÓD PODZIEMNEJ I POWIERZCHNIOWEJ PODSTAWĄ MODERNIZACJI STACJI UZDATNIANIA WODY.....	82
Rajfur M., Dolhańczuk-Śródka A., Janecki D. THE USE OF ALGAE IN THE ACTIVE BIOMONITORING OF SELECTED WATER RESERVOIS.....	84
Sapura O., Dumansky A. V. INVESTIGATION OF THE DRINKING WATER TREATMENT QUALITY IN ZHYTOMYR CITY.....	85
Shevchenko A., Miasoiedov O. PILOT STUDY ON SLUDGE DEWATERING OF ANAEROBICALLY DIGESTED SLUDGE WITH MULTI DISC DEHYDRATOR.....	87
Skupiński S., Czerwiński J. PRESENCE OF CYSTOSTSIC DRUGS IN HOSPITAL WASTEWATER.....	89
Strawa B., Widomski M. K., Musz-Pomorska A. ECONOMIC, RELIABILITY AND TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF SELECTED VARIANTS OF FIRE PROTECTION OF UNDERGROUND PARKING LOT.....	91
Suchorab Z., Barnat-Hunek D., Garbacz M. A METHOD OF UNDERPRESSURE REDUCTION IN A DOMESTIC SEWAGE DISPOSAL SYSTEM DEDICATED TO ENERGY EFFICIENT BUILDINGS.....	93
Suchorab P., Kowalski D. CALIBRATING WATER DISTRIBUTION SYSTEM MODEL WITH HYDRANT TESTS.....	95
Sudoł M. WYZNACZANIE HYDROGRAFÓW RTK NA PODSTAWIE DANYCH POMIAROWYCH.....	96

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Szaja A., Montusiewicz A., Lebiocka M., Nowakowska E. ANAEROBIC CO-DIGESTION OF BREWERY SPENT GRAIN AND MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE UNDER MESOPHILIC AND THERMOPHILIC CONDITIONS.....	97
Szalińska E., d’Obryn K. IMPACT OF WASTEWATER MANAGEMENT ON METAL POLLUTION OF BOTTOM SEDIMENTS IN THE ŚWINNA PORĘBA RESERVOIR CATCHMENT.....	99
Szeląg B., Drewnowski J. OPTYMALIZACJA DOBORU METODY MINING DO SYMULACJI PUCHNIĘCIA OSADU CZYNNEGO: MODELE KLASYFIKACYJNE.....	100
Szulżyk-Cieplak J., Łagód G., Zaburko J. MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII ROTACYJNEGO ZŁOŻA BIOLOGICZNEGO O DWUKIERUNKOWYM WZDŁUŻNYM PRZEPŁWIE W PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW.....	102
Telyma S. MODELING OF THE OXYGEN REGIME IN BIOREACTORS AT THE TREATMENT OF THE WASTEWATERS FROM ORGANIC CONTAMINANTS.....	104
Thomas M., Barbusiński K., Bialecka B. ZASTOSOWANIE ŻELAZIANU (VI) POTASU (K ₂ FeO ₄) DO USUWANIA ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH ORAZ DEZYNFEKCJI ŚCIEKÓW POCHODZĄCYCH Z MYJNI SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH.....	106
Trofymchuk O.M., Anpilova Ye.S., Yakovlev Ye.O., Kreta D.L., Shekhunova S.B. ASSESSMENT OF SOLOTVYNO AGGLOMERATION MINES FLOODING IMPACT ON WATER RESOURCES WITH GIS.....	108
Włodarczak S., Ochowiak M., Markowska M., Krupińska A. ROZPYLANIE CIECZY W PROCESIE ODŻELAZIANIA WODY.....	110
Wysowska E., Kudlik K., Kicińska A. BACTERIOLOGICAL HEALTH THREATS TO WATER IN HOME WELLS.....	112
Yurchenko V., Radionov M., Ivanin P., Melnikova O. INFLUENCE OF DEEP TREATED EFFLUENT ON THE ACTIVITY OF NITRIFICATION IN NATURAL WATER.....	113
Zaburko J., Pudło R., Szulżyk-Cieplak J., Łagód G. KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA ORAZ MODELOWANIE DZIAŁANIA SEKWENCYJNEGO REAKTORA PORCJOWEGO Z OSADEM CZYNNYM.....	115
Zajac O., Żubrowska-Sudoł M. TECHNOLOGIA ZŁOŻA RUCHOMEGO A EFEKTYWNOŚĆ PROCESU NITRYFIKACJI.....	117
Zdeb M., Pacan J. THE INFLUENCE OF ANAEROBIC DIGESTION ON SELECTED HEAVY METALS FRACTIONATION IN SEWAGE SLUDGE.....	119
Zhuk V., Kachmar I. EXPERIMENTAL STUDY OF THE OUTFLOW FROM A PERVIOUS CONCRETE SYSTEM FOR SHORT-TERM RAINFALL EVENTS OF DIFFERENT DURATION.....	120
Zhuk V., Vovk L., Matlay I., Popadiuk I., Mysak I., Fasuliak V. DEPENDENCY BETWEEN THE TOTAL AND EFFECTIVE IMPERVIOUSNESS FOR RESIDENTIAL QUARTERS OF THE LVIV CITY.....	121
Zimoch I., Paciej J. OCENA RYZYKA ZDROWOTNEGO UŻYTKOWNIKÓW PŁYWAŁNI WSKUTEK ZANIECZYSZCZENIA WODY BAKTERIAMI LEGIONELLA SP.....	122
Żubrowska-Sudoł M., Garlicka A., Sytek-Szmeichel K., Walczak J., Umiejewska K. MOŻLIWOŚĆ ZWIĘKSZENIA POTENCJAŁU METANOWEGO WYBRANYCH SUBSTRATÓW W WYNIKU ICH HYDRODYNAMICZNEJ DEZINTEGRACJI.....	123
Wartalska K., Kaźmierczak B., Kotowski A. OPRACOWYWANIE HIETOGRAMÓW WZORCOWYCH DO MODELOWANIA KANALIZACJI.....	125
Král P., Halamek M., Hyšpler R., Hyšplerová L., Eminger S., Štěpánek V., Vojta M., Hubálovský Š., Kříž J., Wierzba S., Dolhanczuk-Szródká A., Rajfur M., Lyčka T. REMOVAL OF MICROPLASTICS IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS; CROSS-BORDER COOPERATION OF THE EMPLA (CZ) AND THE UNIVERSITIES OF HRADEC KRÁLOVÉ (CZ) AND OPOLE (PL).....	127
Mitryasova O., Pohrebennyk V., Yushchishina A. MODERNIZATION OF THE WATER TREATMENT PROCESS FROM HEAVY METALS.....	128
Sorokina K. WASHING WATER AND SEDIMENT OF WATER PURIFICATION PLANTS PROCESSING.....	130
Mokryy V., Kazymyra I., Petrushka I., Grechanyk R., Grechuh T., Piatova A. INFORMATION SUPPORT FOR RECONSTRUCTION OF WATER TREATMENT PLANTS OF THE UKRAINIAN-POLISH HYDROLOGICAL NETWORK IN LVIV REGION.....	132
Ткачук О.А., Яруга Я.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ТА САМОРЕГЕНЕРАЦІЇ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ БАСЕЙНІВ.....	134
Уберман В.І., Васьковець Л.А. НАБЛИЖЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ СКИДАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ІЗ СТИЧНИМИ ВОДАМИ ДО ВИМОГ ЄС.....	136

Худоярова О.С., Гордієнко О.А., Блажко А.В., Панченко Т.І., Ранський А.П. ДЕСУЛЬФУРИЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ВОДНО-ЛУЖНИХ РОЗЧИНІВ ТА ОТРИМАННЯ НОВИХ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ.....	138
Погребенник В.Д., Бернацька Н.Л., Типіло І.В. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	140
Мараховська А.О., Дячок В.В., Мараховська С.Б. ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ОЛІЙ.....	142
Рильський О.Ф., Домбровський К.О., Гвоздяк П.І. ЗАСТОСУВАННЯ ВОЛОКНИСТОГО НОСІЯ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ЗАВОДУ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ».....	144
Гвоздяк П.І. А ХТО ЩО ЗНАЄ ПРО БІОХІМІЮ ВОДИ, ПРО БІОТЕХНОЛОГІЮ ВОДИ?.....	146
Засідко І.Б., Полутренко М.С., Мандрик О.М. УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД.....	148
Булат А.С., Пасіхова Н.М., Лялюк К.П., Дабіжук Т.М., Сакалова Г.В. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНОГО СТРУВІТУ В ЯКОСТІ КОНЦЕНТРОВАНОГО ДОБРИВА.....	150
Ткачук Є.Д., Цапура Н.М., Григоренко В.В., Сакалова Г.В., Василінич Т.М. АДСОРБЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ ХРОМУ (III) БЕНТОНІТОВИМИ ГЛИНАМИ.....	152
Безсонов Є.М., Мігрясова О.П., Смирнов В.М. ВОДОСХОВИЩА ЯК ЧИННИК ДЕГРАДАЦІЇ СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ.....	154
Сердюк В.О., Большанина С.Б., Склабінський В.І., Зайцева К.О. ПРОЦЕСИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ МЕМБРАННОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ГАЛЬВАНІЧНИХ ХРОМОВМІСНИХ РОЗЧИНІВ.....	156
Зеленько Ю. В., Лещинська А.Л., Безовська М.С., Розгон О.В. РОЗРОБКА НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛЬНО- ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН ТА КОМПРЕСОРНИХ ОЛИВ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	158
Ковальчук В.А. ФЛОТАЦІЙНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД.....	159
Матвеева О., Побийпеч А. ЯКІСТЬ ВОДИ В МУНІЦИПАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	161
Онисімчук В.С., Ковальчук В.А. ДИСПЕРСНИЙ СКЛАД МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД.....	163
Босак П.В., Попович В.В. ВПЛИВ СТІЧНОЇ ВОДИ З ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО ВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ НА ДОВКІЛЛЯ.....	165
Мацієвська О. ОН-ЛАЙН МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ВОДИ У СИСТЕМІ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	167
Гумницький Я.М., Сабадаш В.В. АНАЛІЗ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У ПРОЦЕСАХ ЇХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ.....	169
Тодорова О., Овчарук В., Гопцій М. НОРМУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ МОДУЛІВ ГРУНТОВОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ ПРИ ВОДОПОСТАЧАННІ МІСТ.....	171
Шмандій В.М., Безденежних Л.А., Харламова О.В. КОМПОЗИЦІЙНІ ГРАНУЛЬОВАНІ АДСОРБЕНТИ НА ОСНОВІ ГЛАУКОНІТУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	173
Дейнеко Н.В., Стрілець В.М., Шевченко О.С. ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ВОДОПОСТОЧАННЯ НАСЕЛЕННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ QR-КОДУВАННЯ.....	175
Трофимчук О.М., Клименко В.І., Загородня С.А., Шевякіна Н.А., Радчук І. В. ОЦІНКА ВПЛИВУ ОБ'ЄКТІВ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ.....	176
Крусір Г.В., Лівенцова О.О., Сагдєєва О.А., Мальований М.С., Зайцева Е.Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД ВИНОРОБСТВА.....	178
Боруцька Ю.З. ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ФЕНОЛІВ У ХЛОРВМІСНІ ВУГЛЕВОДНІ У РАЗІ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ МЕТОДОМ ХЛОРУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ (НА ПРИКЛАДІ СТРИЙСЬКОГО РОДОВИЩА ПІДЗЕМНИХ ВОД).....	180
Башинська І.Л. CARUSOL – АЛЬТЕРНАТИВА ДЕЗІНФЕКЦІЇ ВОДИ ХЛОРОМ.....	182
Величко С., Дупляк О. ОЦІНКА СКЛАДОВИХ ВОДНОГО БАЛАНСУ МУЛОВИХ ПОЛІВ БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ ДЛЯ ПРОДОВЖЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	184
Погребенник В., Джумеля Е. ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ГРНИЧО-ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ЯКІСТЬ ВОДИ.....	186
Богославець М., Челядин Л., Волосянко В. ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ФІЗИКО-ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ.....	188
Новицька О.С., Ткачук О.А. ОСОБЛИВОСТІ РОЗБОРУ ВОДИ У СІЛЬСЬКИХ МІСЦЕВОСТЯХ (НА ПРИКЛАДІ СМТ КЛЕСІВ САРНЕНСЬКОГО РАЙОНУ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ).....	190
Поляков В.Л., Харламова О.В. МОДЕЛЮВАННЯ ФІЛЬТРУВАННЯ СУСПЕНЗІЇ ПРИ ЗМІННІЙ ПОЧАТКОВІЙ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШКІВ.....	192
Поляков В.Л. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ШЛЯХОМ ЗМІНИ СПРЯМОВАННОСТІ ПОТОКУ СУСПЕНЗІЇ.....	194

Чайка О.Г. ОЧИЩЕННЯ СІЧНИХ ВОД АВІАЦІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	196
Погребенник В.Д. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПИТНОЇ ТА ЕЛЕКТРОАКТИВОВАНОЇ ВОДИ.....	198
Мацуська О.В., Сухорська О.П. СОРБЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ТОРФУ ДО БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	200
Вечер В.В., Токар Л.О., Шинкарук Л.А. ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДВОХЯРУСНОГО ФРОНТАЛЬНОГО ВОДОЗАБОРУ НА ПЕРЕДПІРСЬКІЙ ДІЛЯНЦІ РІЧКИ.....	202
Магась Н.І., Трохименко Г.Г. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ БІОЛОГІЧНОГО ДООЧИЩЕННЯ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СТОКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕМТЕХНОЛОГІЙ.....	204
Никифоров В.В., Святенко А.І., Пасенко А.В., Ротай Т.М. РЕАГЕНТНИЙ СПОСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ НАДЛИШКОВОГО АКТИВНОГО МУЛУ СПОРУД БІООЧИЩЕННЯ СІЧНИХ ВОД.....	206
Трохименко Г.Г., Недорода В.М. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ІОНІВ МІДІ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОТЕХНОЛОГІЙ.....	207
Петрушка І.М., Руда М.В., Гивлюд А.М., Петрушка К.І. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПОВОДЖЕННЯ З ТОКСИЧНИМ ВОДНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ.....	208
Дерев'янкіна Л.С., Топоров А.А. ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНОГО МІКРОПОКРИТТЯ НА ДІЛЯНКАХ ТРУБОПРОВОДІВ.....	210
Мартинов С., Орлова А., Зошук В. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНОГО ФІЛЬТРА ПРИ ПІДГОТОВЦІ ПОВЕРХНЕВОЇ ВОДИ.....	211
Коренчук М.С., Саблій Л.А. ВИКОРИСТАННЯ <i>LEMNA MINOR</i> ДЛЯ ДООЧИЩЕННЯ СІЧНИХ ВОД СОЛОДОВОГО ЗАВОДУ ВІД СПОЛУК ФЕРУМУ.....	212
Одноріг З.С., Манько Р.В. ПРАВОВЕ ПІДГРУНТЯ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ.....	214
Хлапук М.М., Безусяк О.В., Волк Л.Р. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ КІНЕМАТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ПОТОКУ В ТРУБОПРОВОДАХ.....	215
Онищенко Н.Г., Самохвалова А.І. ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЧИСТКИ СІЧНИХ ВОД ВІД ДРІБНОДИСПЕРГОВАНИХ НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ ТА ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН.....	217
Джус В.С., Грицишин П.М., Джус О.В. ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ ТА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	218
Гнатуш С., Масловська О., Кашуба Л., Попович О., Мальований М. ВЛАСТИВОСТІ СТІЙКИХ ДО ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ШТАМІВ МІКРООРГАНІЗМІВ, ВИДІЛЕНИХ З ОЗЕРА ІНФІЛЬТРАТІВ ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	220
Колсгова А.С., Трохименко Г.Г. СОРБЦІЯ ІОНІВ Cd^{2+} КАТІОНІТОМ КУ-2-8 В H^+ -ФОРМІ.....	222
Крисінська Д.О. ПРИНЦИПИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЯК ОБОВ'ЯЗКОВА СКЛАДОВА МЕХАНІЗМІВ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ.....	224
Мальований М., Жук В., Бойчишин Л., Тимчук І., Серeda А. ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТІВ ГРИБОВИЦЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА.....	226
Балабан С., Каспрук В. ДО ПИТАННЯ ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДОГОНІВ З ПЕРІОДИЧНОЮ ПОДАЧЕЮ ВОДИ І ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ ЇЇ ВИТРАТ.....	228
Параняк Н.М., Дацько О.С., Витрикуш Н.М., Романів А.С., Мохняк С.М. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СІЧНИХ ВОД НА ПРИКЛАДІ КІЛЬКОХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ.....	229
Шестопапов О.В., Брянкін О.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФЛОКУЛЯЦІЇ СІЧНИХ ВОД МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	231
Богославець М., Челядин Л., Засідко І. ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ НАФТОШЛАМУ І ШЛАМІВ ВОДООЧИЩЕННЯ.....	233
Куницький С.О., Мічута О.Р. ПІДГОТОВКА ПІДЗЕМНИХ ЗАЛІЗОВМІСНИХ ВОД ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ТА НАСЕЛЕННЯ.....	235
Рибалова О., Бригада О., Сарапіна М., Мацак А., Цитлішвілі К. ЗАХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.....	237
Кохалевич К.Р., Голодовська Х.І. ПОКАЗНИКИ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ВИРОБНИЦТВА НА ФІНАНСОВО ЕКОНОМІЧНИЙ СТАН ПІДПРИЄМСТВА КП «ЖОВКІВСЬКЕ ВИРОБНИЧЕ УПРАВЛІННЯ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА» М. ЖОВКВА	239
Голодовська О.Я., Кузь О.Н. МОНІТОРИНГ СКИДІВ СІЧНИХ ВОД ЖОВКІВСЬКОГО РАЙОНУ У 2018 РОЦІ.....	241
Мосюк М.І., Радловська К.О., Зорін Д.О. МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДНІСТРОВСЬКОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ.....	243

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Грицина О., Поліщук О. ОЧИЩЕННЯ МУНІЦИПАЛЬНИХ СТІЧНИХ ВОД БІОТЕХНОЛОГІЄЮ MBBR.....	244
Данілян А.Г., Тірон-Воробйова Н.Б., Биковець Н.П., Романовська О.Р., Чумаченко М.М. ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНОЇ ВОДИ МОРСЬКИХ СУДЕН: ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	246
Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОВОДО-РОСТЕЙ ТИПУ CHLORELLA ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	248
Шквірко О.М., Тимчук І.С., Мальований М.С. ОСАД СТІЧНИХ ВОД – КОМПОНЕНТ СУБСТРАТУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ.....	250
Петришин Г. П., Данилко Н. Я., Полянська В. Ю. РОЗВИТОК ВОДНО-ЗЕЛЕНОГО КАРКАСУ ВІННИЦІ.....	252
Попович О.Р., Вронська Н.Ю., Васьків В.І., Масловська О.Д. ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВОД ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОТЕХНОЛОГІЙ.....	254
Мальований М., Соловій Х., Tri Nguyen-Quang ПРОБЛЕМА НЕКОНТРОЛЬОВАНОГО РОЗВИТКУ ЦІАНОБАКТЕРІЙ В УКРАЇНІ ТА КАНАДІ.....	255
Bihun I. V., Ivaniv V. V., Cherniuk V. V. COEFFICIENTS OF FLOW RATE OF NOZZLES WITH LATERAL INLETS INSTALLED IN PRESSURE DISTRIBUTIVE PIPELINES.....	256

НАУКОВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ НА DVD

Матеріали 3-ї міжнародної
науково-практичної конференції

**ВОДОПОСТАЧАННЯ
І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:
проектування, будівництво,
експлуатація та моніторинг**

23–25 жовтня 2019 р.

Відповідальний за випуск – Кулиняк І. Я.

Підписано до друку 16.10.2019
Один електронний оптичний диск DVD.
Об'єм даних у мегабайтах 6,27 Мб.
Наклад 20 прим. Зам. 191637.

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4459 від 27.12.2012 р.

вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79013
тел. +380 32 2582146, факс +380 32 2582136
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua