

УДК 504.05:550.424:546.49

Куштан С.М., асп.; Сухарева О.Ю., к.х.н., доц.; Симканич О.І., к.х.н.;
Сухарев С.М., д.х.н., проф.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИДОБУВАННЯ РТУТІ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ, НА ПРИКЛАДІ НЕПРАЦЮЮЧОЇ ШАХТИ с. ОЛЕНЬОВО

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46;
e-mail: ctaceko123@gmail.com

Видобувна галузь промисловості здійснює складний і комплексний вплив на стан об'єктів довкілля, що зумовлено особливостями розтину породи, порушенням земель та водоносних горизонтів, забрудненням прилеглих територій, тощо [1]. Особливої уваги заслуговує видобування ртуті, адже як металева ртуть, так і її сполуки є високотоксичними, легко мігрують у довкілля і мають здатність до біокумуляції [2-4]. Проблема забруднення об'єктів довкілля ртуттю та її сполуками є актуальною у ряді країн [5-10], причому рівень забруднення безпосередньо пов'язаний із здоров'ям населення регіону [11, 12]. Крім того, забруднення об'єктів довкілля ртуттю та її сполуками призводить до стійкого порушення рівноваги в екосистемах, що потребує їх стабілізації та відновлення [13-15].

На Закарпатті у с. Оленьово як невелике родовище ртуті в період 1972-1974 рр. функціонувала ртутна шахта (довжина 100 м), яка забезпечувала ртутний гірничо-металургійний комбінат (смт. Вишково). Хоча шахта вже давно не функціонує, через неналежну консервацію вона може завдавати негативного впливу на стан об'єктів довкілля. Оцінка впливу видобування ртуті на стан об'єктів довкілля є актуальним завданням, в тому числі на прикладі покинутої ртутної шахти. Тому метою даної роботи є визначення рівня забруднення ґрунтів та природних вод на прилеглих до покинутої ртутної шахти (с. Оленьово) територіях, на основі чого провести орієнтовну оцінку впливу таких об'єктів на стан довкілля.

Експериментальна частина

Місце розташування входу до покинутої ртутної шахти має складні геоморфологічні умови та рельєф місцевості. Тому, для досягнення поставленої мети нами досліджувалися ґрунти гумусового профілю та природні води струмка Ростока, який протікає у безпосередній близькості від входу в покинуту шахту.

Відбір проб ґрунтів (ДСТУ ISO 10381-1 – 10381-4:2004) проводили одноразово у червні 2018 році так, щоб урахувати рельєф місцевості (рис. 1), зокрема:

- *проба 1*, безпосередньо біля входу до покинутої шахти (переважає широколистяна рослинність);

- *проба 2*, біля дороги, по якій транспортували руду, за схилом нижче 15 від входу до шахти (трав'яна рослинність);

- *проба 3*, 100 м на захід від входу у шахту, при збереженні рельєфу місцевості (підлісок з трав'янистою і чагарниковою рослинністю);

- *проба 4*, 100 м на схід від входу у шахту, при збереженні рельєфу місцевості за напрямком дороги, по якій транспортували руду (трав'яниста рослинність);

- *проба 5*, 50 м вище за схилом від входу у шахту, що можна розглядати як контрольну ділянку (широколистяна рослинність).

Відбір проб води (ДСТУ ISO 5667-1:2003 – ДСТУ ISO 5667-3:2003) із струмка Ростока проводили одноразово у червні 2018 року з урахуванням напрямку течії та рельєфу місцевості (рис. 2):

- *проба 1*, 150 м на захід від входу у шахту, вище за течією (фоновий стан);

- проба 2, безпосередньо на проти входу у шахту (20 м);
- проба 3, 150 м на схід від входу у шахту, нижче за течією.



Рис. 1. Ділянки відбору проб ґрунту в с. Оленьово Свалявського району: А – вхід у шахту.



Рис. 2. Ділянки відбору проб природної води струмка Ростока: А – вхід у шахту.

Визначення загального вмісту Меркурію у ґрунтах проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії «холодної пари» [16], на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Сатурн С-115М» з приставкою «Юлія» ($\lambda_{\text{рез}}=253,7$ нм). Застосовували метод градуювального графіку, який будували з використанням державного стандартного зразку ДСТУ 022.7-96.

Визначення загального вмісту Меркурію у природних водах проводили методом твердофазної спектрофотометрії за методикою [17] з попереднім концентруванням. Вимірювання оптичної густини проводили на фотоелектроколориметрі КФК-3.

Картографування території за результатами визначення вмісту Меркурію проводили «ArcGIS 10.2.1» з прив'язкою до GPS-координат [18].

Результати та їх обговорення

Результати визначення вмісту Меркурію у ґрунтах прилеглих до входу у шахту території та воді струмка Ростока представлені у табл. 1 та 2.

Таблиця 1. Результати визначення вмісту Hg у ґрунтах ($n=6$; $P=0,95$)

Зразок ґрунту	Знайдено Hg ($\bar{x} \pm \delta / s_r$), мг/кг
1	$0,39 \pm 0,03 / 0,079$
2	$0,41 \pm 0,03 / 0,083$
3	$0,34 \pm 0,03 / 0,081$
4	$0,46 \pm 0,03 / 0,076$
5	$0,24 \pm 0,02 / 0,101$

Примітка: ГДК для орних земель – 2,1 мг/кг (Hg).

Таблиця 2. Результати визначення вмісту Hg у воді струмка Ростока ($n=6$; $P=0,95$)

Зразок води	Знайдено Hg ($\bar{x} \pm \delta / s_r$), мкг/дм ³	ГДК _В / ГДК _{ВР} , мкг/дм ³
1	$0,066 \pm 0,007 / 0,105$	0,5 / 0,1
2	$0,093 \pm 0,007 / 0,078$	
3	$0,085 \pm 0,007 / 0,085$	

Примітка: струмок Ростока має невизначений статус щодо призначення.

Дані табл. 1 показують, що розподіл Меркурію в ґрунтах в околі покинутої шахти носить нерівномірний характер, а вміст Hg є відносно невисоким. Найменший вміст Hg спостерігається у ґрунтах контрольної ділянки (проба 5), з поступовим зростанням концентрації до входу у шахту (проба 1), а далі за напрямком дороги, по якій вивозили руду (проби 2 і 4). Хоча загальний вміст Hg у ґрунтах є невисоким, проте тенденція напрямку поширення забруднення є чітко вираженим, незважаючи на те, що ртутна шахта не експлуатується біля 45 років.

Дані табл. 2 показують, що вміст Меркурію у воді струмка Ростока суттєво відрізняється для різних ділянок. Як і можна було очікувати, найнижчий вміст Hg у воді спостерігається у контрольній ділянці (проба 1), яка є вище за течією відносно входу у шахту, з поступовим зростанням за течією. Найвищий вміст Hg у воді спостері-

гається у воді біля входу у шахту (проба 2), що, очевидно, пов'язано з відносно малою рухливістю Меркурію у водах. Для унаочнення, на рис. 3 представлена карта розподілу вмісту Меркурію у воді струмка Ростока.

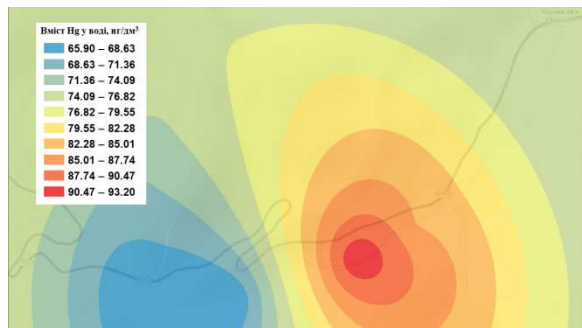


Рис. 3. Карта розподілу вмісту сполук Hg у воді струмка Ростока у межах досліджуваної території.

Результати визначення вмісту Hg у воді струмка Ростока (табл. 2) показують, що у воді біля входу у шахту концентрація Меркурію наближається до величини ГДК_{ВР} (рибогосподарський норматив). Це викликає занепокоєння, адже можлива акумуляція Hg у гідробіонтах і його рух за трофічним ланцюгом. Згідно діючої методики «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними критеріями», за вмістом сполук Hg вода відноситься до II класу 3 категорії – добрі (за станом) та досить чисті (за ступенем чистоти).

Висновки

В цілому, вплив непрацюючої ртутної шахти с. Оленьово на екологічний стан об'єктів довкілля є прийнятним за показником забруднення ґрунтів та природних вод сполуками Hg, проте слід врахувати, що шахта вже не працює біля 45 років. Як потенційне джерело забруднення довкілля, ртутні шахти можна розглядати як небезпечні об'єкти впливу.

Список використаних джерел

1. David P. Edwards, Sean Sloan, Lingfei Weng, Paul Dirks, Jeffrey Sayer, William F. Laurance. Mining and the African Environment. *Conservation Letters*. 2013, 7(3), 302–311. Doi:10.1111/conl.12076.
2. Pinheiro M.C.N., Crespo-López M.E., Vieira J.L.F., Oikawa T., Guimarães G.A., Araújo C.C.,

- Amoras W.W., Ribeiro D.R., Herculano A.M., do Nascimento J.L.M., Silveira L.C.L. Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages. *Environment International*. 2007, 33(1), 56–61. Doi: 10.1016/j.envint.2006.06.024.
3. Robin A. Bernhoft. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health*. 2012, ID 460508. Doi: 10.1155/2012/460508.
4. Travnikov O. Contribution of the intercontinental atmospheric transport to mercury pollution in the Northern Hemisphere. *Atmospheric Environment*. 2005, 39(39), 7541–7548. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.07.066.
5. Lars D. Hylander, Michael E. Goodsit. Environmental costs of mercury pollution. *Science of The Total Environment*. 2006, 368(1), 352–370. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.11.029.
6. Jiang Gui-Bin, Shi Jian-Bo, Feng Xin-Bin. Mercury Pollution in China. *Environmental Science & Technology*. 2006, 40(12), 3672–3678. Doi: 10.1021/es062707c.
7. Li P., Feng X.B., Qiu G.L., Shang L.H., Li Z.G. Mercury pollution in Asia: A review of the contaminated sites. *Journal of Hazardous Materials*. 2009, 168(2-3), 591–601. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.03.031.
8. Feng Xinbin, Qiu Guangle. Mercury pollution in Guizhou, Southwestern China – An overview. *Science of The Total Environment*. 2008, 400(1-3), 227–237. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.05.040.
9. Colin A. Cooke, Prentiss H. Balcom, Harald Biester, Alexander P. Wolfe. Over three millennia of mercury pollution in the Peruvian Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009, 106(22), 8830–8834. Doi: 0.1073/pnas.0900517106.
10. Ping Li, Xinbin Feng, Lihai Shang, Guangle Qiu, Bo Meng, Peng Liang, Hua Zhang. Mercury pollution from artisanal mercury mining in Tongren, Guizhou, China. *Applied Geochemistry*. 2008, 23(8), 2055–2064. Doi: 10.1016/j.apgeochem.2008.04.020.
11. Masazumi Harada, Junko Nakanishi, Eiichi Yasoda, Maria da Conceição, N Pinheiro, Teiichi Oikawa, Geraldode Assis Guimarães, Bernardoda Silva Cardoso, Takako Kizaki, Hideki Ohno. Mercury pollution in the Tapajos River basin, Amazon: mercury level of head hair and health effects. *Environment International*. 2001, 27(4), 285–290. Doi: 10.1016/S0160-4120(01)00059-9.
12. Masazumi Harada, Shigeharu Nakachi, Taketo Cheu, Hirotsuka Hamada, Yuko Ono, Toshihide Tsuda, Kohichi Yanagida, Takako Kizaki, Hideki Ohno. Monitoring of mercury pollution in Tanzania: relation between head hair mercury and health. *Science of The Total Environment*. 1999, 227(2-3), 249–256. Doi: 10.1016/S0048-9697(99)00031-5.

13. Pereira M.E., Lillebø A.I., Pato P., Válega M., Coelho J.P., Lopes C.B., Rodrigues S., Cachada A., Otero M., Pardal M.A., Duarte A.C. Mercury pollution in Ria de Aveiro (Portugal): a review of the system assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009, 155(1-4), 39–49. Doi: 10.1007/s10661-008-0416-1.
14. Daniel Obrist, Yannick Agnan, Martin Jiskra, Christine L. Olson, Dominique P. Colegrove, Jacques Hueber, Christopher W. Moore, Jeroen E. Sonke, Detlev Helmig. Tundra uptake of atmospheric elemental mercury drives Arctic mercury pollution. *Nature*. 2017, 547, 201–204. Doi: 10.1038/nature22997.
15. Handong Yang, Richard W. Battarbee, Simon D. Turner, Neil L. Rose, Richard G. Derwent, Guangjian Wu, Ruiqiang Yang. Historical Reconstruction of Mercury Pollution Across the Tibetan Plateau Using Lake Sediments. *Environmental Science & Technology*. 2010, 44(8), 2918–2924. Doi: 10.1021/es9030408.
16. Jamshid L. Manzoori, Mohammad H. Sorouraddin, A. M. Haji Shabani. Determination of mercury by cold vapour atomic absorption spectrometry after preconcentration with dithizone immobilized on surfactant-coated alumina. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 1998, 13, 305–308. Doi: 10.1039/A707520K.
17. Сухарев С.М., Сухарева О.Ю. Визначення сполук Hg(II) в природних водах методом твердофазної спектрофотометрії. *Методи и объекты химического анализа*. 2011, 6(4), 202–206.
18. Childs C. Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst. *ArcUser*. 2004, 3, 32–35.

Стаття надійшла до редакції: 15.10.2019.

IMPACT ASSESSMENT OF MERCURY PRODUCTION ON THE ENVIRONMENT, ON THE CASE OF A NON-OPERATING MINE IN VILLAGE OF OLENYOVO

Kushtan S.M., Sukhareva O.Yu., Symkanych O.I., Sukharev S.M.

*Uzhhorod National University, 88000 Uzhhorod, Pidhirna str. 46;
e-mail: ctaceko123@gmail.com*

The work is devoted to the study of the effect of non-working mercury mine (not operational since 1974) on the state of the environment, as exemplified by mine in the village of Olenyovo. Given the high toxicity, relative mobility and bioavailability, as well as the ability to bio-accumulate Hg compounds, the study of such effects is relevant. The work is planned in such a way that, on the basis of determination of the gross Hg content in the humus soil profile (H) of the adjacent areas and the natural water of the Rostoka stream, to estimate such an influx, to highlight the main tendencies of the processes of environmental pollution.

It was found that the Hg content in soils in the vicinity of the mine is relatively low 0.24-0.46 mg×kg⁻¹, with the lowest content observed in the background (control) area, with a gradual increase in concentration from the entrance to the mine in the direction of the road mercury ore. The trend of spreading pollution is clearly evident, although the mercury mine is no longer operational for about 45 years. The distribution of Hg content in the water of the Rostock stream has a distinct character (confirmed by mapping data), and the concentration of Mercury in the waters ranges from 0.066-0.093 μg·L⁻¹. The highest Hg content in the water is observed in the stream at the mine entrance area (0.093 μg·L⁻¹) and this is close to the fishery concentration limit. According to the environmental assessment (Hg content), the Rostoka stream water belongs to the second class of category 3 – good (as it is) and quite pure (in terms of purity).

In general, the impact of a non-working mercury mine in the village of Olenyovo to the environmental status of the environment is acceptable in terms of soil and natural water contamination with Hg compounds, but it should be borne in mind that the mine is no longer operational for about 45 years. As a potential source of environmental pollution, mercury mines can be considered as dangerous objects of influence.

Keywords: mercury mine; ecological status; pollution; soils and natural waters.

References

1. David P. Edwards, Sean Sloan, Lingfei Weng, Paul Dirks, Jeffrey Sayer, William F. Laurance. Mining and the African Environment. *Conservation Letters*. 2013, 7(3), 302–311. Doi:10.1111/cons.12076.
2. Pinheiro M.C.N., Crespo-López M.E., Vieira J.L.F., Oikawa T., Guimarães G.A., Araújo C.C., Amoras W.W., Ribeiro D.R., Herculano A.M., do Nascimento J.L.M., Silveira L.C.L. Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages. *Environment International*. 2007, 33(1), 56–61. Doi: 10.1016/j.envint.2006.06.024.
3. Robin A. Bernhoft. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health*. 2012, ID 460508. Doi: 10.1155/2012/460508.
4. Travníkov O. Contribution of the intercontinental atmospheric transport to mercury pollution in the Northern Hemisphere. *Atmospheric Environment*. 2005, 39(39), 7541–7548. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.07.066.
5. Lars D. Hylander, Michael E. Goodsit. Environmental costs of mercury pollution. *Science of The Total Environment*. 2006, 368(1), 352–370. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.11.029.
6. Jiang Gui-Bin, Shi Jian-Bo, Feng Xin-Bin. Mercury Pollution in China. *Environmental Science & Technology*. 2006, 40(12), 3672–3678. Doi: 10.1021/es062707c.
7. Li P., Feng X.B., Qiu G.L., Shang L.H., Li Z.G. Mercury pollution in Asia: A review of the contaminated sites. *Journal of Hazardous Materials*. 2009, 168(2-3), 591–601. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.03.031.
8. Feng Xinbin, Qiu Guangle. Mercury pollution in Guizhou, Southwestern China – An overview. *Science of The Total Environment*. 2008, 400(1-3), 227–237. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.05.040.
9. Colin A. Cooke, Prentiss H. Balcom, Harald Biester, Alexander P. Wolfe. Over three millennia of mercury pollution in the Peruvian Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009, 106(22), 8830–8834. Doi: 10.1073/pnas.0900517106.
10. Ping Li, Xinbin Feng, Lihai Shang, Guangle Qiu, Bo Meng, Peng Liang, Hua Zhang. Mercury pollution from artisanal mercury mining in Tongren, Guizhou, China. *Applied Geochemistry*. 2008, 23(8), 2055–2064. Doi: 10.1016/j.apgeochem.2008.04.020.
11. Masazumi Harada, Junko Nakanishi, Eiichi Yasoda, Maria da Conceição, N Pinheiro, Teiichi Oikawa, Geraldode Assis Guimarães, Bernardoda silva Cardoso, Takako Kizaki, Hideki Ohno. Mercury pollution in the Tapajos River basin, Amazon: mercury level of head hair and health effects. *Environment International*. 2001, 27(4), 285–290. Doi: 10.1016/S0160-4120(01)00059-9.
12. Masazumi Harada, Shigeharu Nakachi, Taketo Cheu, Hirotaka Hamada, Yuko Ono, Toshihide Tsuda, Kohichi Yanagida, Takako Kizaki, Hideki Ohno. Monitoring of mercury pollution in Tanzania: relation between head hair mercury and health. *Science of The Total Environment*. 1999, 227(2-3), 249–256. Doi: 10.1016/S0048-9697(99)00031-5.
13. Pereira M.E., Lillebø A.I., Pato P., Válega M., Coelho J.P., Lopes C.B., Rodrigues S., Cachada A., Otero M., Pardal M.A., Duarte A.C. Mercury pollution in Ria de Aveiro (Portugal): a review of the system assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009, 155(1-4), 39–49. Doi: 10.1007/s10661-008-0416-1.
14. Daniel Obrist, Yannick Agnan, Martin Jiskra, Christine L. Olson, Dominique P. Colegrove, Jacques Hueber, Christopher W. Moore, Jeroen E. Sonke, Detlev Helmig. Tundra uptake of atmospheric elemental mercury drives Arctic mercury pollution. *Nature*. 2017, 547, 201–204. Doi: 10.1038/nature22997.
15. Handong Yang, Richard W. Battarbee, Simon D. Turner, Neil L. Rose, Richard G. Derwent, Guangjian Wu, Ruiqiang Yang. Historical Reconstruction of Mercury Pollution Across the Tibetan Plateau Using Lake Sediments. *Environmental Science & Technology*. 2010, 44(8), 2918–2924. Doi: 10.1021/es9030408.
16. Jamshid L. Manzoori, Mohammad H. Sorouraddin, A. M. Haji Shabani. Determination of mercury by cold vapour atomic absorption spectrometry after preconcentration with dithizone immobilized on surfactant-coated alumina. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 1998, 13, 305–308. Doi: 10.1039/A707520K.
17. Sukharev S.M., Sukhareva O.Yu. The determination of Hg(II) compounds in the natural waters by method of solid-phase spectrophotometry. *Methods and objects of chemical analysis*. 2011, 6(4), 202–206 (in Ukr.)
18. Childs C. Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst. *ArcUser*. 2004, 3, 32–35.