

## САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ МАКРО- ТА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ВОДАХ КАР'ЄРНИХ “ОЗЕР” ЯВОРІВСЬКЕ ТА ПОДОРОЖНЕ (ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ)

МАРІАМ ЛЮБОМИРІВНА П'ЯТНИЦЯ  
АНАТОЛІЙ МАРКОВИЧ ГАЙДІН  
ВОЛОДИМИР ІГОРОВИЧ КОЗЛОВСЬКИЙ  
РОМАН БОГДАНОВИЧ СЛОБОДЯН

П'ятниця М. Л., Гайдін А. М., Козловський В. І., Слободян Р. Б. Санітарно-гігієнічна оцінка вмісту макро- та мікроелементів у водах кар'єрних “озер” Яворівське та Подорожне (Львівська область) // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2014. – Том 5(12), № 1. – С. 229-234. – ISSN 2220-3087.

Представлено результати санітарно-гігієнічної оцінки води “озер” Яворівське та Подорожне на місці кар'єрів сірководобувних підприємств Львівської області. За вмістом макро- та мікроелементів якість води відповідає нормам водойм спортивно-оздоровчого та рекреаційного призначення.

**Ключові слова:** якість води, “озеро” Яворівське, “озеро” Подорожне, видобуток сірки, кар'єр

Унаслідок нерентабельності на території Львівської області були закриті Яворівський, Роздільський та Подороженський сірчані кар'єри. Діяльність сірчанних підприємств призвела до корінних змін усіх компонентів природного ландшафту в зоні їх впливу. Найбільше змінився рельєф – викопані величезні ями – кар'єри, насипані штучні пагорби – відвали та гідровідвали. Річки, що перетинали площі проведення гірничих робіт, були відведені за допомогою каналів. Водовідлив із кар'єрів зумовив розвиток депресій в водонапірних системах, осушення горизонтів ґрунтових вод, засолення водотоків (Гайдін, Зозуля, 2009). Найприйнятнішим способом відновлення техногенного ландшафту та повернення його до нормального функціонування було визнано перетворення кар'єрних виробіток у водойми (“озера”).

Найближчими аналогами кар'єрів Львівщини були сірчані кар'єри Пясечно й Махув у Польщі. На сьогодні, після припинення експлуатації обох кар'єрів, один із них частково затоплено (Пясечно), а інший затоплено повністю (Махув). 1997 року, з використанням досвіду ліквідації великих кар'єрів Польщі та Німеччини, спеціалістами ВАТ “Гірхімпром” був розроблений проект ліквідації Яворівського та Подороженського сірчанних кар'єрів і відновлення ландшафту в зоні їх діяльності (Гайдін, Зозуля, 2009).

Затоплення кар'єрів почалося 2002 року та здійснювалося з трьох джерел: вод річок, атмосферних опадів і підземних вод неогенового й четвертинного водоносних горизонтів. Процес заповнення та формування хімічного складу води у водоймах відбувається у три стадії: змішування, трансформації та стабілізації. Період трансформації настає після досягнення максимального

рівня води. Приток підземних вод при цьому досягає мінімуму та стабілізується. Наприкінці періоду трансформації мінералізація витоків з озера наблизиться до мінералізації приток. Тоді настане період стабілізації хімічного складу води (Гайдин, 2008). Станом на тепер, “озеро” в Подорожному перебуває на стадії змішування, а Яворівське – на стадії трансформації.

### **Матеріали та методика досліджень**

**Об'єкти досліджень** – вода Яворівського та Подороженського “озер”, утворених на місці кар'єрів із видобування сірки у Львівській області. Розміри Яворівського кар'єру по поверхні –  $4 \times 3$  км, площа по зовнішньому контуру 932 га. Подороженський кар'єр витягнутий з північного заходу на південний схід на 4 км і має ширину 1,8 км. Площа кар'єру по зовнішньому контуру 420,3 га.

**Методика.** Аналізи води проводили відповідно до загальноприйнятих методик (Унифицированные..., 1971): рН – потенціометрично, нітрати – фотометрично з додаванням саліцилової кислоти, хлориди – аргентометрично методом Мора, кальцій, магній – комплексонометрично, сульфати – турбіметрично з хлоридом барію, натрій та калій – методом фотометрії полум'я, карбонати – титриметрично, мікроелементи – методом атомної абсорбції після концентрування проби випаровуванням.

### **Результати досліджень та їх обговорення**

Придатність водойм для різних видів господарського використання визначається якістю води. Їх можуть використовувати для розведення риби, для господарсько-питного водозабезпечення чи для відпочинку й спорту. Найжорсткіші вимоги до якості води у водоймах, що використовують для рибного господарства. Уміст сульфат-іону в них не має перевищувати 100 мг/л, кисню має бути не менше 4 мг/л зимою та не менше 6 мг/л улітку, біологічна потреба в кисні – не більше 2 мг/л. У питній воді вміст сульфат-іону може досягати 300 і навіть 500 мг/л, хлоридів до 350 мг/л, сухий залишок до 1 г/л, а загальна жорсткість до 7 мг-екв/л, біологічна потреба кисню питної води – не більше 3 мг/л, уміст кисню – не менше 4 мг/л. У водоймах культурно-побутового та рекреаційного призначення допускається біологічна потреба кисню до 6 мг/л, розчиненого кисню повинно бути не менше 4 мг/л, сольовий склад не нормується. За наявності у воді сірководню вона непридатна ані для риборозведення, ані для пиття чи відпочинку.

На початку затоплення, коли озера були заповнені мінералізованими підземними водами, прісні поверхневі води незалежно від температури були легшими від підземних. Вони знаходилися зверху, перемішування майже не було (Гайдін, Зозуля, 2009). Після опріснення води роль мінералізації стала непомітною. Як у Яворівському, так і Подороженському “озерах” у верхній 10-15 метровій товщі спостерігаються аеробні окисно-відновні умови, азотні сполуки представлені  $\text{NO}_3$ , відсутній сірководень. Чітко вирізняється верхня киснева зона потужністю близько 20 м (табл. 1, 2). Глибше вода містить сірко-

водень, однак глибинні сірководневмісні шари слабо перемішуються із верхніми шарами води й, очевидно, не здійснюють негативного впливу на біоту, про що свідчить наявність багатьох видів риб у водах озер.

Таблиця 1.

**Мінералізація та вміст макроелементів у воді Яворівського “озера”  
(05.02.2008 р.)**

Глибина, м	pH	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	Na	K	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	M*
			мг/л								
0	7,9	16/0	93	23	297	27,7	180	18,8	751	0,05	1391
5	8,1	16/0	78	18	297	27,7	180	18,8	811	0,03	1431
10	8,2	16/0	49	7,6	297	27,7	180	18,8	769	0,04	1349
20	8,2	5/0	47	7,8	297	27,7	180	18,8	782	0,04	1360
30	7,7	0/15,4	53	7,3	475	16,6	334	18,8	1187	0,02	2091
40	7,5	0/20,3	53	7,2	544	16,6	334	19,4	1360	0,02	2273
50	7,3	0/24,3	56	7,2	544	14,6	334	19,4	1309	0,02	2273
60	7,3	0/24,1	56	7,3	544	34,0	334	19,4	1298	0,02	2292
70	7,3	0/24,4	57	7,8	560	24,3	358	19,4	1354	0,03	2380
<b>ГДК*</b>	6,5-8,5	-	200	-	-	80	-	300	500	50	1500
<b>ГДК**</b>	6,5-8,5	-	200	-	-	-	-	350	500	45	1000
<b>ГДК***</b>	6,5-8,5	-	120	50	180	40	-	300	100	40	1000

ГДК\* – нормативи якості питної води; ГДК\*\* – нормативи якості вод культурно-побутового та рекреаційного призначення; ГДК\*\*\* – нормативи якості вод водойм рибогосподарського призначення; М\* – мінералізація.

Таблиця 2.

**Мінералізація та вміст макроелементів у воді Подорожненського “озера”  
(14.11.2007 р.)**

Глибина, м	pH	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	Na	K	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	M*
			мг/л								
0	8	9/0	77	8	158	36,0	151	21,0	487	0,01	938
5	8	8/0	77	8	164	34,0	151	21,0	510	0,01	965
10	8	8/0	73	8	164	38,0	171	21,5	496	0,01	971
20	8	4/0	133	9	380	54,0	191	38,4	1220	0,02	2025
30	7,9	0/0,5	113	10	412	65,0	232	43,2	1441	0,01	2320
40	7,7	0/1,1	185	12	431	63,0	260	41,0	1533	0,03	2525
50	8	0/4,6	202	12	507	64,5	268	64,5	1547	0,02	2665
55	8,3	0/17,3	238	14	521	83,0	309	68,0	1673	0,03	2906
<b>ГДК*</b>	6,5-8,5	-	200	-	-	80	-	300	500	50	1500
<b>ГДК**</b>	6,5-8,5	-	200	-	-	-	-	350	500	45	1000
<b>ГДК***</b>	6,5-8,5	-	120	50	180	50	-	300	100	40	1000

Пояснення ті самі, що в таблиці 1.

У сірчаній руді та її відходах у невеликій кількості містяться барит ( $BaSO_4$ ) і целестин ( $SrSO_4$ ), а в покривних глинах – піролузит ( $MnO_2$ ) (Гайдін, Зозуля, 2009). Тому було приділено увагу визначенню вмісту у воді кар'єрних “озер” таких елементів, як барій, стронцій і марганець. Барію у воді не виявлено, оскільки він за присутності сульфатів нерозчинний. Уміст макро- та мікроелементів у водах досліджених “озер” відповідає вимогам до водойм, що можуть використовуватися зі спортивно-оздоровчою та рекреаційною метою (СанПиН № 4630-88; Гранично..., 1990; Державні..., 2010) (табл. 1-3). Із мікроелементів у Яворівському “озері” тільки марганець на глибинах понад 20 м перевищує ГДК. Концентрація стронцію у воді Яворівського “озера” не перевищує 2,6 мг/л, а у воді Подорожненського “озера” – 5,4 мг/л, що свідчить про відсутність негативних екологічних наслідків, пов'язаних із наявністю целестину. Вода в Подорожненському “озері”, за винятком вмісту марганцю, наближена до стандартів питної води. Причиною підвищеної концентрації марганцю є його високий фоновий вміст (до 1%) у неогенових породах території, де розташована водойма. Досить висока мінералізація вод також спричинена підвищеним вмістом вапняків і гіпсу у гірських породах, які утворюють ложе водойми.

Таблиця 3.

**Уміст мікроелементів у воді “озер” Яворівське (05.02.2008 р.)  
та Подорожненське (14.11.2007 р.)**

Глибина, м	Яворівське “озеро”					Подорожненське “озеро”				
	Sr	Mn	Zn	Pb	Cu	Fe	Sr	Mn	Zn	Cu
	мг/л									
0	1,9	0,08	0,006	<0,005	0,001	0,006	5,4	1,057	0,012	0,0015
5	1,7	0,09	0,023	<0,005	0,001	0,023	5,4	1,004	0,012	0,0009
10	1,8	0,07	0,006	<0,005	0,002	0,020	5,4	0,978	0,013	0,0018
20	1,7	0,08	0,007	<0,005	0,006	0,054	3,2	0,417	0,010	0,0035
30	2,5	0,28	0,003	<0,005	0,001	0,138	3,4	0,287	0,013	0,0022
40	2,3	0,28	0,004	<0,005	0,001	0,229	2,1	0,010	0,008	0,0018
50	2,5	0,28	0,001	<0,005	0,001	0,043	2,1	0,008	0,009	0,0012
60	2,5	0,30	0,003	<0,005	0,001	0,045	н/в	н/в	н/в	н/в
70	2,6	0,26	0,002	<0,005	0,001	0,032	н/в	н/в	н/в	н/в
<b>ГДК*</b>	-	<b>0,05</b>	<b>1,0</b>	<b>0,01</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>	-	<b>0,05</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>ГДК**</b>	-	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,03</b>	<b>1,0</b>	<b>0,3</b>	-	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>ГДК***</b>	-	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>	<b>0,001</b>	<b>0,1</b>	-	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,001</b>

Пояснення ті самі, що в таблиці 1.

## Висновки

За результатами досліджень стану води у різних водоймах Львівської області, відомих як Яворівське та Подорожненське “озера”, утворених на місцях кар’єрів сірководобутку, можна стверджувати про задовільну якість води та відповідність нормам для водойм спортивно-оздоровчого та рекреаційного призначення.

ГАЙДИН А. М., ЗОЗУЛЯ І. І. Нові озера Львівщини. – Львів, 2009. – 103 с.

ГАЙДИН А. М. Формирование химического состава воды при затоплении серных карьеров // Геоэкология. – 2008. – № 2. – С. 1-6.

ГРАНИЧНО допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм: [№ 12-04-11 чинний від 09-08-1990]. – К.: Міністерство рибного господарства СРСР, 1990. – 45 с.

ДЕРЖАВНІ санітарні норми та правила “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – К., 2010.

САНПіН № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР, 1988. – 69 с.

УНИФИЦИРОВАННЫЕ методы анализа вод / ред. Ю. Ю. Лурье. – М.: “Химия”, 1971. – 375 с.

## САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ КАРЬЕРНЫХ “ОЗЕР” ЯВОРОВСКОЕ И ПОДОРОЖНОЕ (ЛЬВОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

М. Л. Пятныця, А. М. Гайдин, В. И. Козловский, Р. Б. Слободян

Приводятся результаты санитарно-гигиенической оценки воды “озер” Яворовское и Подорожное, созданных на месте карьерных выработок серодобывающих предприятий Львовской области. По содержанию макро- и микроэлементов качество воды отвечает нормам водоемов спортивно-оздоровительного и рекреационного назначения.

**Ключевые слова:** качество воды, “озеро” Яворовское, “озеро” Подорожное, добыча серы, карьер

## HYGIENIC MACRO- AND MICROELEMENTS ASSESSMENT OF POST OPEN-PITS SULFUR MINING “LAKES” JAVORIV AND PODOROZHNE (LVIV REGION)

М. Л. ПЯТНЫЦЬА, А. М. ГАЙДИН, В. І. КОЗЛОВСЬКИЙ, Р. Б. СЛОБОДАН

Due to non-profitability in the Lviv region were closed three big sulfur open pits. Activity of factories has led to fundamental changes in the components of the landscape area in the zone of it's influence. Most appropriate way to restore man-made landscape and return it to a normal functioning was recognized a transformation the open pits in the “lakes”. Flooding process and formation of the

chemical composition of water in reservoirs occurs in three stages: mixing, transformation and stabilization. At a present time "lake" Podorozhne is at the stage of mixing and "lake" Javoriv at the stage of transformation. Hygienic water assessment of post open-pit sulfur mining "lakes" Javoriv and Podorozhne was performed. At the beginning of flooding, when the "lakes" were filled with mineralized groundwater, there almost wasn't a stirring. After desalination a role of mineralization stays negligible. As in Javorivske "lake" so in Podorozhne "lake" in the upper layers 10-15 meters thick observed aerobic redox conditions, nitrogen compounds such as  $\text{NO}_3$ , and there is no hydrogen sulfide. Clearly distinguished an upper-oxygen zone of capacity about 20 meters. Deeper the water contains hydrogen sulfide, but the deep layers slightly mixed with the upper layers of the water and apparently did not adversely affect the living organisms, as evidenced by the presence of many species of fish in the waters of the "lakes". The macro and micronutrients content lies within Ukrainian sanitary standards quality for recreational use of water.

**Key words:** water quality, Javoriv "lake", Podorozhne "lake", extraction of sulfur, open pit

Надійшла 02.07.2014

Прийнята до друку 08.10.2014

П'ЯТНИЦЯ М. Л. Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна; e-mail: mariamp@ukr.net

PYATNYTSYA M. L. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4 Kozelnytska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: mariamp@ukr.net

ГАЙДІН А. М. Інститут гірничо-хімічної промисловості, ТОВ "Гірхімпром", вул. Стрийська, 98, м. Львів, 79026, Україна; e-mail: ghp@ghp.lviv.ua

GAYDIN A. M. Institute of mining and chemical industries, Girhimprom LTD, 98 Stryjska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: ghp@ghp.lviv.ua

КОЗЛОВСЬКИЙ В. І. Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна; e-mail: vkozlovskyy@gmail.com

KOZLOVSKY V. I. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4 Kozelnytska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: vkozlovskyy@gmail.com

СЛОБОДЯН Р. Б. Інститут гірничо-хімічної промисловості, ТОВ "Гірхімпром", вул. Стрийська, 98, м. Львів, 79026, Україна

SLOBODYAN R. B. Institute of mining and chemical industries, Girhimprom LTD, 98 Stryjska St, Lviv, 79026, Ukraine