

## ВПЛИВ СКИДНИХ ШАХТОВИХ ВОД НА РІЧКОВІ ЕКОСИСТЕМИ ДОНБАСУ

В. І. Онищенко

*Дніпропетровське відділення Українського державного геологорозвідувального інституту*

### ВПЛИВ СКИДНИХ ШАХТОВИХ ВОД НА РІЧКОВІ ЕКОСИСТЕМИ ДОНБАСУ

Визначено мікроелементний склад скидних шахтових вод та виявлені основні мікроелементи-забруднювачі річкових басейнів Донбасу. Дано оцінку стану річкової екосистеми на прикладі річки Солоної в умовах забруднення скидними шахтовими водами.

*Ключові слова: мікроелементи-забруднювачі, скидні шахтові води, річкові екосистеми.*

V. I. Onischenko

*Dnipropetrovsk department of the Ukrainian State Geological Research Institute*

### MICROELEMENTS-POLLUTANTS OF THE DISCHARGING COLLIERY WATERS AND THE RIVER ECOSYSTEMS OF DONBASS AREA

In the present article the microelements composition of the discharging colliery waters was determined as well as the main microelements-pollutants of Donbass' river basins. Also it is given a state estimate of the river ecosystems by the example of Solyonaya river in the conditions of discharging colliery waters pollution.

*Keywords: microelements-pollutants, discharging colliery waters, river ecosystem.*

Значним (а для низки хімічних елементів – провідним) чинником, що впливає на вміст і перерозподіл хімічних елементів на нашій планеті, стало антропогенне забруднення, або «техногенез» (Ферсман, 1934). Ту частину Землі, що охоплена техногенезом, В. І. Вернадський назвав ноосферою. Це «нове геохімічне явище на нашій планеті. В ній вперше людина стає найкрупнішою геологічною силою» (Вернадський, 1980). Щорічно видобувається близько 100 млрд т мінеральної сировини і каустобіолітів, гірничі та будівельні роботи переміщують не менше 1 км<sup>3</sup> гірських порід, що порівняно з денудаційною роботою річок (Перельман, 1989).

Однією з найбільш серйозних і складних екологічних проблем Донбасу є значні обсяги скидних шахтових вод, що подаються з шахт на поверхню. Вони негативно впливають на довкілля, в першу чергу на еколого-гідрохімічний стан річок. Вугілля, як природний сорбент, містить широкий комплекс мікроелементів, більшість з яких є потенційно небезпечними елементами. Підземні води, що проникають у гірничі виробки, активно взаємодіють з подрібненими в процесі вуглевидобутку породами та вугіллям, вилугтовуючи з них цілий спектр макро- та мікроелементів. Потім збагачені хімічними елементами шахтові води відкачуються із шахти в поверхневі ставки-відстійники, а звідти практично без очищення скидаються в балки, де і формують техногенні струмки, які живлять місцеві річки. Питаннями гідрогеохімії вугільних родовищ, зокрема Донбасу у різні роки займалися багато дослідників, але, на жаль, основна увага приділялася вивченню макрокомпонентного складу шахтових вод і значно менша – мікроелементного, що деякою мірою пояснюється складністю методів аналітичних досліджень. Слабко вивчений також вплив скидних шахтових вод на гідроекосистеми річок Донбасу, хоча при недостатній забезпеченості цього регіону прісними водами виникає ситуація, коли в першу чергу в меженний період об'єми скидних шахтових вод, що надходять у річки, перевищують у два-три рази їх природний стік (Кононов, 2001).

Метою цієї роботи є оцінка мікроелементного складу скидних шахтових вод та впливу їх на річкові екосистеми Донбасу (на прикладі річки Солоної).

## ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

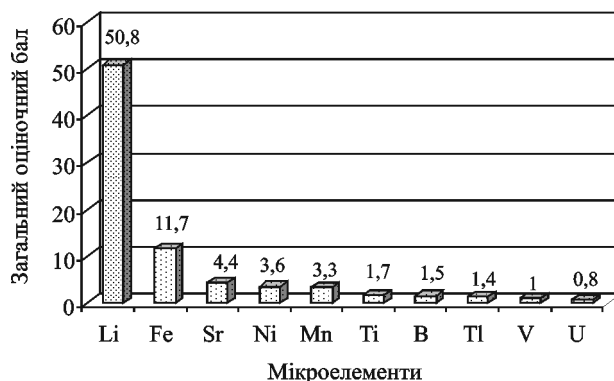
У процесі досліджень мікроелементного складу скидних шахтових вод (1996–2002 рр.) було обстежено 181 шахту, скидні води яких надходять (загальний об'єм 80251 м<sup>3</sup>/рік) у вигляді техногенних струмків по місцевій гідрографічній мережі (яри, балки) у чотири річкові системи даного району. Це Самара та її притоки (28 шахт, скид шахтових вод 12549 м<sup>3</sup>/рік), Кальміус та його притока Грузька (18 шахт, скид шахтових вод 5768 м<sup>3</sup>/рік), Міус та його притоки (68 шахт, скид шахтових вод 26224 м<sup>3</sup>/рік), Сіверський Донець та його притоки (67 шахт, скид шахтових вод 35710 м<sup>3</sup>/рік). Відбір проб води на мікроелементний аналіз проводився в місцях виходу шахтових вод із поверхневих ставків-відстійників і здійснювався в пластикові пляшки (об'єм 20 см<sup>3</sup>), які на місці фіксувалися хімічно чистою концентрованою азотною кислотою (1 см<sup>3</sup>). Було відібрано близько 600 проб, на кожній шахті по дві-чотири проби. Хімічний аналіз проб води проводився методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою, який відрізняється високою чутливістю і широким спектром (близько 70) мікроелементів, що визначаються. Аналітичні визначення проводилися в акредитованих лабораторіях з використанням приладів *PlasmaQuard*, *VG* і «*Elan DRC 2*». Визначали валову масу мікроелемента, що міститься в об'ємі відібраної води, і виражали в мкг/дм<sup>3</sup>.

Для виділення основних мікроелементів-забруднювачів на кожному рівні (регіональному – річки Донбасу; басейни основних річок; окремі річки) були побудовані ряди кількісного співвідношення потенційно небезпечних мікроелементів у скидних шахтових водах Донбасу (рисунк). Для цього додатково були розраховані коефіцієнти повтворюваності випадків перевищення ГДК<sub>i</sub> –  $H_i$  та загальні оціночні бали –  $B_i$ :

$$H_i = N_{ГДК_i} / N_i, \quad (1)$$

$$B_i = K_i \cdot H_i, \quad (2)$$

де  $N_{ГДК_i}$  – кількість шахт для даного рівня, у скидних водах яких виявлено перевищення ГДК по  $i$ -му мікроелементу;  $N_i$  – загальна кількість шахт, що скидають води на даному рівні (Васильєва, 1998). Ранжировані значення загального оціночного балу ( $B_i$ ) і лягли в основу рядів кількісного співвідношення потенційно небезпечних мікроелементів у скидних шахтових водах Донбасу.



Ряд кількісного співвідношення мікроелементів-забруднювачів у скидних шахтових водах Донбасу

Річка Солона вибрана як модельна для вивчення впливу скидних шахтових вод на екологічний стан річок Донбасу за наступними підставами. По-перше, вона за своїми гідрологічними і гідохімічними показниками є типовою річкою Донбасу. По-друге, до неї та її притоки (струмок Солоний) надходять скидні води з 3 шахт з різним сольовим та мікроелементним складом. По-третє, для цієї річки скидні шахтові води є єдиним техногенним забрудненням (за винятком аварійних скидів комунально-побутових стічних вод).

Річка Солоня бере початок з джерела у верхів'ї безіменної балки вище с. Михайлівка Красноармійського району Донецької області. Тече річка Солоня в західному і південно-західному напрямку і впадає у Вовчу на 216-му км від гирла, у 3 км вище с. Іванівка Межівського району Дніпропетровської області. Довжина ріки – 79 км, площа водозбору – 946 км<sup>2</sup>.

Обстеження водоєм басейну річки Солоні здійснювали за двома профілями: головний (річка Солоня) починався у верхів'ї річки та закінчувався біля с. Новомиколаївка; додатковий (струмок Солоний – найбільша притока річки Солоні) починався в місці скиду шахтових вод з шахти № 2 «Новгородівська» на поверхню і закінчувався в місці впадіння струмка в річку. Усього закладено 29 станцій. Основне випробування з відбором гідрохімічних, літохімічних та гідробіологічних проб проводилося в серпні 2001 р. Додаткові відбори проб проводилися в листопаді 2001 р., жовтні–грудні 2002 р., серпні 2004 р. Обробку відібраних проб проводили за загальноприйнятими в гідрохімії та гідробіології методиками.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

При обробці отриманих результатів було виділено 29 токсичних та умовно токсичних мікроелементів, для яких розроблені гранично допустимі концентрації (ГДК) і дана класифікація за класами небезпеки (САНПиН 4630–88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения», 1988).

Проведені дослідження показали, що скидні шахтові води, які надходять у річкові системи Донбасу, містять у собі цілий спектр потенційно небезпечних мікроелементів. Концентрації цих мікроелементів досить часто високі і дуже високі та значно (у десятки і навіть сотні разів) перевищують фонові вмісти цих мікроелементів у незабруднених прісних водоймах. Максимальні і мінімальні та середні концентрації цих елементів по басейнах головних річок Донбасу наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Уміст потенційно небезпечних мікроелементів у скидних шахтових водах річкових басейнів Донбасу

| Хімічний елемент і його ГДК | Назва басейну   |                         |                          |                         |                         |
|-----------------------------|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                             | Річки Донбасу   | Самара                  | Кальміус                 | Міус                    | Сіверський Донець       |
|                             | Мінімальний–максимальний уміст<br>Середній уміст, мкг/дм <sup>3</sup> |                         |                          |                         |                         |
| 1                           | 2   | 3                       | 4                        | 5                       | 6                       |
| I клас небезпеки            |   |                         |                          |                         |                         |
| Be 0,2                      | <u>0–36,0</u><br>0,75   | <u>0–13,3</u><br>0,67   | <u>0–1,7</u><br>0,12     | <u>0–36,0</u><br>1,2    | <u>0–27,0</u><br>0,59   |
| Pb 0,1                      | <u>0–3,4</u><br>0,25  | <u>0–0,6</u><br>0,07    | <u>0–0,9</u><br>0,32     | <u>0–2,2</u><br>0,46    | <u>0–3,4</u><br>0,20    |
| Hg 0,5                      | <u>0–13,0</u><br>0,63   | <u>0–1,4</u><br>0,06    | <u>0–1,7</u><br>0,45     | <u>0–3,5</u><br>0,05    | <u>0–13,0</u><br>1,29   |
| II клас небезпеки           |   |                         |                          |                         |                         |
| Li 30                       | <u>20–13700</u><br>1556   | <u>20–1810</u><br>191   | <u>177–2190</u><br>691   | <u>59–11800</u><br>1805 | <u>40–13700</u><br>1993 |
| B 500                       | <u>0–89300</u><br>1329  | <u>130–20300</u><br>997 | <u>377–10400</u><br>2936 | <u>0–7170</u><br>1281   | <u>0–89300</u><br>1156  |
| Al 500                      | <u>0–6000</u><br>488  | <u>0–6000</u><br>585    | –                        | –                       | <u>0–200</u><br>71,4    |
| Cr 500                      | <u>0–69</u><br>5,6  | <u>0–65</u><br>7,2      | <u>0–7,1</u><br>1,0      | <u>0–39</u><br>6,2      | <u>0–69</u><br>5,3      |
| Co 100                      | <u>0–478</u><br>1,4   | <u>0,3–340</u><br>22,7  | <u>0–4,1</u><br>1,0      | <u>0–478</u><br>27,0    | <u>0–147</u><br>3,5     |
| As 50                       | <u>0–98</u><br>9,2  | <u>0,3–98</u><br>22,0   | <u>0–83</u><br>9,7       | <u>0–60</u><br>10,2     | <u>0–55</u><br>6,5      |

| 1                  | 2                        | 3                         | 4                         | 5                        | 6                        |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Se 10              | <u>0-229</u><br>1,3      | <u>0-14,9</u><br>0,6      | <u>0-8</u><br>1,1         | <u>0-7,1</u><br>0,14     | <u>0-229</u><br>2,2      |
| Sr 7000            | <u>854-81200</u><br>4507 | <u>1980-40100</u><br>5161 | <u>1390-10500</u><br>3592 | <u>909-25300</u><br>4215 | <u>854-81200</u><br>4640 |
| Nb 10              | <u>0-1,7</u><br>0,06     | <u>0-0,1</u><br>0,003     | <u>0</u><br>0             | <u>0-0,4</u><br>0,03     | <u>0-1,7</u><br>0,12     |
| Mo 250             | <u>0-125</u><br>2,3      | <u>0-11,0</u><br>2,6      | <u>0-7,3</u><br>2,0       | <u>0-125</u><br>1,7      | <u>0-12</u><br>2,6       |
| Ag 50              | <u>0-9,8</u><br>0,6      | <u>0-3,3</u><br>0,1       | <u>0-2,3</u><br>0,3       | <u>0-9,8</u><br>1,4      | <u>0-8,6</u><br>0,4      |
| Cd 1               | <u>0-4,5</u><br>0,3      | <u>0-0,8</u><br>0,04      | <u>0-0,9</u><br>0,1       | <u>0-4,2</u><br>0,7      | <u>0-4,5</u><br>0,2      |
| Sb 50              | <u>0-23,0</u><br>2,2     | <u>0-13,6</u><br>2,7      | <u>0-23,0</u><br>3,5      | <u>0-10,0</u><br>2,3     | <u>0-20,0</u><br>1,8     |
| Te 10              | <u>0-90,0</u><br>0,6     | <u>0-1,2</u><br>0,06      | <u>0-90,0</u><br>4,0      | <u>0-6,0</u><br>0,2      | <u>0-6,3</u><br>0,4      |
| Ba 100             | <u>0-4280</u><br>183     | <u>15-618</u><br>100      | <u>0-162</u><br>57,0      | <u>0-1090</u><br>250     | <u>0-4280</u><br>171     |
| W 50               | <u>0-26,0</u><br>1,7     | <u>0-2</u><br>0,2         | <u>0-4,3</u><br>0,4       | <u>0-8,5</u><br>0,3      | <u>0-26,0</u><br>3,3     |
| Pb 30              | <u>0-188</u><br>13,1     | <u>0-56</u><br>3,0        | <u>0-60</u><br>6,7        | <u>0-96</u><br>18,0      | <u>0-188</u><br>13,0     |
| Bi 100             | <u>0-6,9</u><br>0,3      | <u>0-0,5</u><br>0,02      | <u>0-0,5</u><br>0,06      | <u>0-6,9</u><br>0,7      | <u>0-2,6</u><br>0,2      |
| U 50               | <u>0-2730</u><br>120     | <u>0-178</u><br>14,0      | <u>0-2730</u><br>422      | <u>0-1980</u><br>85,0    | <u>0,6-1460</u><br>130,8 |
| III клас небезпеки |                          |                           |                           |                          |                          |
| Ni 100             | <u>0-1980</u><br>55,0    | <u>0,4-752</u><br>69,0    | <u>2,4-67</u><br>18,0     | <u>0-1980</u><br>87,0    | <u>0-346</u><br>32,1     |
| Cu 1000            | <u>0-226</u><br>17,0     | <u>0-99,0</u><br>10,0     | <u>0-96</u><br>18,0       | <u>0-183</u><br>20,0     | <u>0-226</u><br>15,9     |
| Zn 1000            | <u>0-310</u><br>40,0     | <u>0-310</u><br>42,0      | -                         | -                        | <u>7,5-170</u><br>34,2   |
| Ti 100             | <u>0-2660</u><br>131     | <u>94-293</u><br>207      | <u>21-1120</u><br>218     | <u>0-2660</u><br>111     | <u>2,6-686</u><br>115    |
| V 100              | <u>0-810</u><br>27,0     | <u>10-810</u><br>114      | <u>3,6-715</u><br>65,0    | <u>0-287</u><br>11,0     | <u>0-348</u><br>21,2     |
| Mn 100             | <u>0-18700</u><br>777    | <u>11-12500</u><br>1091   | <u>0-443</u><br>48,0      | <u>0-18700</u><br>1494   | <u>0-6230</u><br>236     |
| Fe 300             | <u>0-45500</u><br>4393   | <u>20-13950</u><br>4231   | <u>0-17800</u><br>3537    | <u>0-45500</u><br>4938   | <u>0-35700</u><br>4057   |

Серед мікроелементів I класу небезпеки виділяється галій, перевищення ГДК якого виявлено в скидних водах 99 шахт (55 %) із 181 обстежених. Перевищення ГДК берилію виявлено в скидних водах 32 шахт, ртуті – у 28. У скидних водах окремих шахт уміст цих мікроелементів досягав значних величин: берилію – до 36 мкг/дм<sup>3</sup> (180 ГДК), талію – до 3,4 мкг/дм<sup>3</sup> (34 ГДК), ртуті – до 13,0 мкг/дм<sup>3</sup> (26 ГДК).

Перевищення ГДК літію спостерігалось у скидних водах майже в усіх (99 %) обстежених шахтах. Максимальний уміст цього мікроелемента досягав у скидних водах окремих шахт 13700 мкг/дм<sup>3</sup> (457 ГДК), а середній уміст для річок Донбасу –

1556 мкг/дм<sup>3</sup> (52 ГДК). Серед інших мікроелементів II класу небезпеки високий середній уміст для річок Донбасу мають також бор – 1329 мкг/дм<sup>3</sup> (2,7 ГДК), барій – 183 мкг/дм<sup>3</sup> (1,8 ГДК), уран – 120 мкг/дм<sup>3</sup> (2,4 ГДК). Такі рідкісні мікроелементи, як ніобій, телур, вольфрам, вісмут, у скидних водах шахт Донбасу мали низькі концентрації, які в переважній більшості не перевищували 1 мкг/дм<sup>3</sup>.

Серед мікроелементів III класу небезпеки, куди входить ряд важких металів, підвищений середній уміст у скидних шахтових водах мали титан – 131 мкг/дм<sup>3</sup> (1,3 ГДК), марганець – 777 мкг/дм<sup>3</sup> (7,8 ГДК) і особливо залізо – 4393 мкг/дм<sup>3</sup> (146,4 ГДК).

Як показали розрахунки та побудова рядів кількісного співвідношення потенційно небезпечних мікроелементів у скидних шахтових водах Донбасу, до основних мікроелементів-забруднювачів відносяться (перша десятка): літій, залізо, стронцій, нікель, марганець, титан, бор, талій, ванадій і уран. Одинадцяте місце займає берилій. Як основні мікроелементи-забруднювачі скидних шахтових вод Донбасу можна класифікувати мікроелементи, що займають у цьому ряду перші вісім місць (літій, залізо, стронцій, нікель, марганець, бор, титан, талій), бо вони майже завжди входять як у ряди для басейнів головних річок Донбасу, так і в ряди для окремих річок.

Слід відмітити, що п'ять із цих восьми мікроелементів (літій, стронцій, залізо, марганець, бор) є характерними для відкладень, які утворилися в морських (лагунних) умовах (Максимович, 2000), що були характерними для кам'яновугільного періоду в Донбасі. У той самий час у роботі А. Е. Васюкова (2005) указується, і з чим ми повністю згодні, що в екосистемах поверхневих вод України досить добре вивчені форми існування та міграції лише таких восьми важких металів: марганець, цинк, хром, кадмій, мідь, залізо, кобальт, нікель. Це пояснюється тим, що аналітичне забезпечення визначення більшості потенційно небезпечних мікроелементів відстає від потреб екологічної безпеки водних об'єктів. Таким чином, із вищенаведеного ряду добре вивчених мікроелементів лише залізо, нікель і марганець входять до десятки основних мікроелементів-забруднювачів скидних шахтових вод Донбасу. У той самий час бачимо, що до основних забруднювачів відносяться два мікроелементи I класу небезпеки – талій (8-е місце) і берилій (11-е місце), досліджень умісту та впливу яких на прісноводні екосистеми дуже мало.

Третій мікроелемент I класу небезпеки – ртуть – також досить характерний мікроелемент-забруднювач для скидних шахтових вод Донбасу, передусім у басейні р. Сіверський Донець, де вона досить часто входить у першу десятку рядів окремих річок цього басейну. Це пояснюється тим, що ртуть є досить поширеним мікроелементом-забруднювачем довкілля Донбасу. У періоди тектонічної активізації ртуть надходила з мантиї та утворювала не лише ртутні родовища (Микитівське, Дружківсько-Костянтинівське та ін.), але і розсіювалася в породах вугленосної товщі. Уміст ртуті у вугіллі Донбасу досягає 0,1–0,2 г/т, а в районі Микитівки – до 20 г/т і більше, що суттєво перевищує кларкові величини (Панов, 1998).

Для кожної окремої річки характерна наявність у скидних водах, що надходять до неї, декількох «своїх» неосновних мікроелементів-забруднювачів. Так, у скидних шахтових водах басейну р. Сіверський Донець крім основних мікроелементів-забруднювачів виявлені хром (Лозова, Кундрюча, Мала Кам'янка), мідь (Біленька, Кундрюча, Велика Кам'янка, Довжик), свинець (Вільховатка) і навіть такий мікроелемент, як вольфрам (Мала Кам'янка), що рідко зустрічається в скидних шахтових водах Донбасу. Це пояснюється тим, що в цьому регіоні, особливо в районі Нагольного Кряжу, доволі характерні прояви поліметалевого зруденіння (мідь, цинк, свинець та інші кольорові метали (Князев, 1971).

Тому, при організації моніторингових спостережень за якістю поверхневих вод та станом гідроєкосистем, на кожній окремій річці необхідно особливо увагу приділяти визначенню характерних для неї елементів-забруднювачів.

У результаті того, що на поверхню із шахт Донбасу щодобово подається близько 1,9 млн м<sup>3</sup> (або 703 млн м<sup>3</sup> на рік) скидних вод, які містять у собі вищенаведені концентрації мікроелементів, у поверхневій воді (струмки балок, малі річки, ставки-накопичувачі) надходить величезна кількість (22,5 т на добу або близько 8,2 тис. т на рік) мікроелементів-забруднювачів. Щорічне навантаження на річкові екосистеми

Донбасу досягає сотень і тисяч тон по таких мікроелементах, як барій (98,3 т), марганець (444,1 т), бор (718 т), літій (1100,8 т), залізо (2459,3 т), стронцій (3112 т). Скід високотоксичних мікроелементів (I клас небезпеки) вимірюється сотнями кілограмів на рік – 182 кг талію, 365 кг ртуті, 510 кг берилію (табл. 2).

Таблиця 2

**Вага мікроелементів-забруднювачів, що поступають із скідними шахтовими водами в річкові басейни Донбасу, т/рік**

| Мікроелемент       | Назва басейну |        |          |       |                   |
|--------------------|---------------|--------|----------|-------|-------------------|
|                    | Річки Донбасу | Самара | Кальміус | Міус  | Сіверський Донець |
| I клас небезпеки   |               |        |          |       |                   |
| Be                 | 0,510         | 0,075  | 0,006    | 0,267 | 0,162             |
| Tl                 | 0,182         | 0,009  | 0,016    | 0,094 | 0,063             |
| Hg                 | 0,365         | 0,007  | 0,023    | 0,016 | 0,319             |
| II клас небезпеки  |               |        |          |       |                   |
| Li                 | 1101          | 22,0   | 34,9     | 453   | 591               |
| B                  | 718           | 111    | 115      | 265   | 227               |
| Cr                 | 3,35          | 0,8    | 0,05     | 1,3   | 1,2               |
| Co                 | 10,35         | 2,5    | 0,05     | 6,2   | 1,6               |
| As                 | 5,0           | 0,4    | 0,5      | 2,3   | 1,8               |
| Se                 | 0,89          | 0,06   | 0,04     | 0,09  | 0,7               |
| Sr                 | 3112          | 605    | 181,5    | 840   | 1485              |
| Nb                 | 0,0362        | 0,0002 | 0        | 0,004 | 0,032             |
| Mo                 | 1,62          | 0,29   | 0,10     | 0,42  | 0,81              |
| Ag                 | 1,092         | 0,027  | 0,014    | 0,316 | 0,735             |
| Cd                 | 0,243         | 0,007  | 0,004    | 0,166 | 0,066             |
| Sb                 | 1,51          | 0,30   | 0,18     | 0,51  | 0,52              |
| Te                 | 0,386         | 0,007  | 0,202    | 0,053 | 0,124             |
| Ba                 | 98,3          | 13,3   | 2,9      | 52,5  | 29,6              |
| W                  | 1,128         | 0,018  | 0,021    | 0,082 | 1,007             |
| Pb                 | 9,4           | 0,4    | 0,3      | 4,2   | 4,5               |
| Bi                 | 0,220         | 0,005  | 0,003    | 0,174 | 0,038             |
| U                  | 88,9          | 1,9    | 19,5     | 26,2  | 41,3              |
| III клас небезпеки |               |        |          |       |                   |
| Ni                 | 37,2          | 7,8    | 0,7      | 20,2  | 8,5               |
| Cu                 | 11,6          | 1,2    | 0,9      | 4,6   | 4,9               |
| Ti                 | 74,4          | 4,8    | 11,0     | 24,9  | 33,7              |
| V                  | 15,2          | 2,6    | 3,3      | 2,7   | 6,6               |
| Mn                 | 444           | 119    | 2,4      | 230   | 92,6              |
| Fe                 | 2459          | 471    | 147      | 407   | 1433              |
| УСЬОГО             | 8196          | 1365   | 521      | 2342  | 3967              |

У річковій екосистемі нерозривно зв'язані неживе середовище (абіотичні компоненти – вода, донні відклади і фізико-хімічні фактори середовища) та біота – багатокомпонентний комплекс спільнот і популяцій мікроорганізмів, рослин, тварин (Романенко, 2004). Мікроелементи, що надходять у річку із скідними шахтовими водами, залежно від своїх міграційних особливостей та фізико-хімічних умов навколишнього середовища, можуть мігрувати за течією з водними масами, випадати в осад і накопичуватися в донних відкладах, засвоюватися та акумулюватися різними видами гідробіонтів. Більшість із цих мікроелементів може істотно впливати на метаболічні процеси в організмах рослин і тварин, і тому привнесення їх у річкову воду в таких

значних концентраціях є вкрай негативним чинником, що може впливати на цілісність річкових екосистем.

Як показали дослідження, скидні шахтові води, що надходять у річку Солону поблизу її верхів'я, мають кислу реакцію ( $pH = 3,0-3,5$ ), високу мінералізацію ( $4,5-4,9$  г/дм<sup>3</sup>), низький уміст біогенних речовин (азот, фосфор), а також дуже високий уміст таких потенційно небезпечних мікроелементів, як *Be* ( $0,0008-0,0013$  мг/дм<sup>3</sup>), *Li* ( $0,150-0,170$  мг/дм<sup>3</sup>), *Co* ( $0,017-0,019$  мг/дм<sup>3</sup>), *Al* ( $6,8-41,0$  мг/дм<sup>3</sup>), *Zn* ( $0,01-0,15$  мг/дм<sup>3</sup>), *Fe* ( $1,9-4,5$  мг/дм<sup>3</sup>), *Mn* ( $6,4-9,9$  мг/дм<sup>3</sup>), *Ni* ( $0,008-0,068$  мг/дм<sup>3</sup>).

У подальшому зміни гідрохімічного режиму річки залежать від фізико-хімічних умов водного середовища та міграційних особливостей хімічного елемента. Величина сухого залишку практично не змінюється протягом усього відрізка річки, що досліджувався:  $4,8$  г/дм<sup>3</sup> у воді ставка Воєнкоматівський (верхів'я річки) і  $4,2-4,6$  г/дм<sup>3</sup> – кінцева станція випробовування на Солоній. Кисла реакція скидних шахтових вод, яка зберігається і в ставках Воєнкоматівському та Миському ( $pH = 3,1-4,2$ ), сприяє високому вмісту в ставковій воді низки важких металів (нікель, цинк, кобальт, марганець, залізо) та алюмінію. Однак уже в ставку Миському значення  $pH$  починає поступово підвищуватися, а концентрація важких металів та алюмінію знижуватися. Значно довше (майже до кінцевої станції випробовування) зберігається у річковій воді високий уміст марганцю, міграційні властивості якого значно менше залежать від реакції водяного середовища. Берилій, літій та стронцій, міграційні властивості яких не залежать від значення  $pH$  води, теж зберігають підвищені концентрації у Солоній протягом значного часу. Так, берилій має підвищений вміст ( $0,3$  мкг/дм<sup>3</sup>) у воді ставка с. Жовте ( $15$  км нижче за течією від скиду шахтових вод), а концентрації літію і стронцію до кінцевої станції випробовування ( $41$  км нижче за течією) майже не знижуються.

Із річкової води більшість мікроелементів-забруднювачів (у першу чергу важкі метали) осідають на дно і накопичуються в мулистих відкладах та частково поглинаються представниками річкового гідробіоценозу. Уміст більшості мікроелементів у мулистих відкладах навіть на станціях відбору проб у нижній частині річки Солоні, де концентрація у воді цих мікроелементів невисока, був досить високий і перевищував кларки для осадових порід у два-п'ять разів. Це підтверджує висновки про те (Никаноров, 1991), що на початкових стадіях забруднення накопичення важких металів більш помітно у донних відкладах і гідробіонтах, ніж у воді. Як показали проведені розрахунки, коефіцієнти накопичення мікроелементів у мулистих відкладах набагато вищі (на два-чотири порядки), ніж у вищих водяних рослинах (очереті). Це підтверджує й аналіз балансу важких металів в екосистемах ставків (Шарамок, 2004).

Скидні шахтові води вкрай негативно впливають на формування гідробіоценозу річки Солоні (Онищенко, 2002; Онищенко, 2005). Установлено, що гідробіоценоз Солоні характеризується невисоким видовим різноманіттям та низькими, на переважній більшості станцій, показниками чисельності і біомаси. Руслові ставки Воєнкоматівський і Миський, які розміщені поблизу скиду шахтових вод, практично мертві. Вода в цих ставках класифікується як «надзвичайно забруднена». Найвищі показники розвитку фітопланктону (кількість видів –  $23-27$ , чисельність –  $1105,4$  млн. кл./дм<sup>3</sup> і біомаса –  $91,0$  мг/дм<sup>3</sup>) зафіксовані у ставку с. Михайлівка, який не знаходиться в зоні впливу скидних шахтових вод та має підвищений уміст у воді біогенних речовин (азотисті сполуки:  $NH_4 - 0,3-6,0$  мг/дм<sup>3</sup>,  $NO_2 - 0,6$  мг/дм<sup>3</sup>,  $NO_3 - 9,0-9,5$  мг/дм<sup>3</sup>; фосфати  $0,18$  мг/дм<sup>3</sup>, органічні речовини – перманганатна окислюваність дорівнює  $7,4-12,5$  мг  $O$ /дм<sup>3</sup>). Найбільш високі показники розвитку зоопланктону (кількість видів – від  $9-10$  до  $15-21$ ; чисельність – від  $18,8-65,6$  до  $584,2$  тис. екз./м<sup>3</sup>; біомаса – від  $121,6-175,4$  до  $640,5-1205$  мг/м<sup>3</sup>) виявлені в руслових ставках поблизу сіл Михайлівка, Пустинка, Лисівка, що знаходяться на значній відстані від району скиду шахтових вод. Більшість видів фіто- та зоопланктону за екологічною характеристикою відносяться до індіферентів та солонуватоводних. Вища водяна рослинність майже на всій довжині річки переважно представлена стійким до забруднення очеретом звичайним (*Phragmites communis*).

## ВИСНОВКИ

Установлено, що скидні шахтові води Донбасу містять у собі багато потенційно небезпечних мікроелементів, концентрації деяких перевищують ГДК (згідно САН-ПіН 4630–88 «Охорона поверхневих вод від забруднення») у десятки і сотні разів. Визначено, що найбільш характерними мікроелементами-забруднювачами річок Донбасу є літій, залізо, стронцій, нікель, марганець, титан, бор, талій. Щорічне навантаження на річкові екосистеми Донбасу досягає сотень і тисяч тон по таких мікроелементах, як барій, марганець, бор, літій, залізо, стронцій. Скид високотоксичних мікроелементів (талій, ртуть, берилій) вимірюється сотнями кілограмів на рік.

Скидні шахтові води вкрай негативно впливають на формування гідробіоценозу річки Солоні, який характеризується невисоким видовим різноманіттям та низькими, на переважній більшості станцій відбору проб, показниками чисельності і біомаси.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Васильєва Е. А.** Как организовать общественный экологический мониторинг / Е. А. Васильева, В. Н. Виниченко, Т. В. Гусева и др. / Под ред. М. В. Хотулевой. – М.: СоЭС–Методический центр «Эколайн», 1998. – 256 с.
- Васюков А. Е.** Химические аспекты экологической безопасности поверхностных водных объектов // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27, № 3. – С. 294-308.
- Вернадский В. И.** Проблемы биогеохимии // Тр. Биогеохимической лаборатории АН СССР. – 1980. – Т. 16. – 320 с.
- Князев Г. И.** Тектоно-металлогеническое районирование и региональная рудная зональность Украины // Вопросы геологии и минералогии рудных месторождений. – М.: Недра, 1971. – Вып. 4. – С. 3-40.
- Кононов И. Ф.** Кризис и самоорганизация. Шахтерские города и поселки Донбасса в период реструктуризации угольной промышленности: социальное и экологическое измерения / И. Ф. Кононов, Н. Б. Кононова, В. А. Денщик. – Луганск: Альма матер, 2001. – 144 с.
- Максимович Н. Г.** Историко-геологическое развитие территории и современная экологическая обстановка / Н. Г. Максимович, Е. А. Меньшикова, С. В. Казакевич // Вестн. Междунар. академии экологии и безопасности. – 2000. – № 6. – С. 42-46.
- Никаноров А. М.** Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 310 с.
- Онищенко В. И.** Влияние сбросных шахтных вод на формирование эколого-гидрохимического режима малых рек Донбасса (на примере реки Солоней) / В. И. Онищенко, А. Д. Шевчик // Вопросы химии и химической технологии. – 2002. – № 5. Специальный выпуск. – С. 244-246.
- Онищенко В. И.** Экосистема річки Солоні (басейн Дніпра) в умовах забруднення скидними шахтовими водами / В. И. Онищенко, А. С. Кириленко, А. І. Дворецкий // Наук. Зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія». – 2005. – № 3 (26). – С. 328-329.
- Панов Б. С.** К геоэкологии Донецкого каменноугольного бассейна / Б. С. Панов, О. А. Шевченко, А. М. Дудик // Известия вузов. Серия геология и разведка. – 1998. – № 5. – С. 138-145.
- Перельман А. И.** Геохимия. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.
- Романенко В. Д.** Основы гидроэкологии. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
- САНПиН 4630–88** Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР, 1988. – 69 с.
- Ферсман А. Е.** Геохимия. – Ленинград: ОНТИ. Химтеорет, 1934. – Т. 2. – 354 с.
- Шарамок Т. С.** Особливості накопичення важких металів молоддю коропових риб у ставках з різними джерелами живлення: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. – К., 2004. – 21 с.

*Надійшла до редколегії 19.02.06*