

*Хімічні технології та інженерія.
Біотехнології та біоінженерія. Екологія*

УДК 504.453:504.4.054

DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.27

МАКСИМОВА Н.М.* , к.т.н., доцент
ПІКАРЕНЯ Д.С., д.г.н., професор
ОРЛІНСЬКА О.В.* , д.г.н., професор
БОГИНЯ О.С., аспірант

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ В СЕРЕДНІЙ ТЕЧІЇ

Вступ. Річка Інгулець протікає по території Кіровоградської, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей [1]. Загальна довжина басейну р. Інгулець з півночі на південь становить 247 км, найбільша ширина з заходу на схід між витокami р. Інгулець і його притоки р. Саксагань – 146 км, середня ширина басейну – 59 км [2]. Басейн має загальний нахил із півночі на південь. Більшість приток р. Інгулець мають довжину до 20 км і тільки дві річки Саксагань і Висунь мають довжину більш ніж 100 км. Зарегулювання басейну р. Інгулець переставлено каскадом водосховищ загальним об'ємом 760 млн. м³ і площею водного дзеркала 240 км² [3]. Для водопостачання Криворізького промислового району та зрошення прилеглих сільськогосподарських угідь споруджено канал Дніпро-Кривий Ріг.

У верхів'ї води р. Інгулець майже не зазнали техногенної трансформації. Вниз за течією річки спостерігається поступове погіршення якості поверхневих вод, що обумовлене скидами недостатньо очищених стічних вод м. Знам'янка і м. Олександрія Кіровоградської області.

Найбільш інтенсивне техногенне навантаження спостерігається на водозбірну площу та безпосередньо на поверхневі води в середній течії, що, перш за все, обумовлене розвитком гірничодобувної промисловості в Криворізькому та Широківському районах Дніпропетровської області. Наприклад, продовж 2017 року основними підприємствами-забруднювачами Кривбасу є ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат», ПАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ЦГЗК), ШУ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ПАТ «Інгулецький ГЗК», КП «Фрунзенське ЖКП», ПАТ «Південний ГЗК», ПАТ «Криворізький турбінний завод «Констар», ПрАТ «Суха балка». За даними Регіонального офісу водних ресурсів (РОВР) в річку Інгулець було здійснено скид загальним обсягом приблизно 10,4 млн. м³ недостатньо очищених, забруднених без очистки зворотних та шахтних вод.

Погіршення якості поверхневих вод р. Інгулець може також відбуватись за рахунок надходження забруднення з водами її приток, зокрема річок Саксагань, Жовта, Боковенька. Наприклад, р. Жовта сама не є водоймою питного призначення. Її води, змішуючись з водами р. Інгулець, потрапляють у Карачунівське водосховище, яке є джерелом питного водопостачання м. Кривий Ріг. Основним постійним забруднювачем р. Жовта вважається ТОВ «Схід-Руда» (м. Жовті Води). З 2015 р. ТОВ «Схід-Руда» не здійснює виробничу діяльність з видобутку, переробки та збагачення залізної руди, проте є загроза забруднення поверхневих вод внаслідок фільтраційних втрат і виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації хвостосховищ з радіоактивними відходами тощо.

Для покращення екологічної ситуації у басейні, починаючи з 2011 року, Держводагентством здійснюються заходи щодо подачі прісної води по каналу Дніпро-Інгулець у Карачунівське водосховище для здійснення подальшої санітарної промивки русла р. Інгулець. Такий коштовний меліоративний захід спрямований на поліпшення екологічної та водогосподарської ситуації на території Кривбасу, а також Миколаївської та Херсонської областей. В результаті проведення щорічної промивки русла р. Інгулець зменшується сухий залишок, жорсткість, вміст сульфат-іонів та інших гідрохімічних показників у водах Карачунівського водосховища, яке є джерелом водопостачання м. Кривий Ріг та інших населених пунктів Криворізького і Широківського районів, а також нижче за течією на водозаборі Інгулецької зрошувальної системи.

Відзначимо, що до початку промивки русла річки відбувається контрольований скид обсягом 9,6-11,7 млн. м³ зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу [4]. Починаючи з 2014 р., обсяг скидів високомінералізованих вод поступово зменшується (табл. 1).

Таблиця 1 – Динаміка фактичних обсягів скиду шахтних вод гірничорудних підприємств Кривбасу зі ставка-накопичувача у балці Свистунова за період листопад-лютий 2005-2017 рр. [4]

Період скиду, роки	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Фактичний обсяг скиду, млн. м ³	10,42	11,00	11,71	11,20	11,10	10,87	9,95	9,42	10,19	9,84	9,60

Існуюча система накопичення та скидання високомінералізованих шахтних вод в р. Інгулець передбачає цілорічне транспортування шахтних вод по трубопроводах до ставка-накопичувача в балці Свистунова, де вони акумулюються до моменту скиду в р. Інгулець у міжвегетативний період (листопад-лютий) відповідно до спеціального Регламенту, затвердженого Кабінетом Міністрів України. Хімічний склад цих вод в цілому витриманий по роках (рис.1).

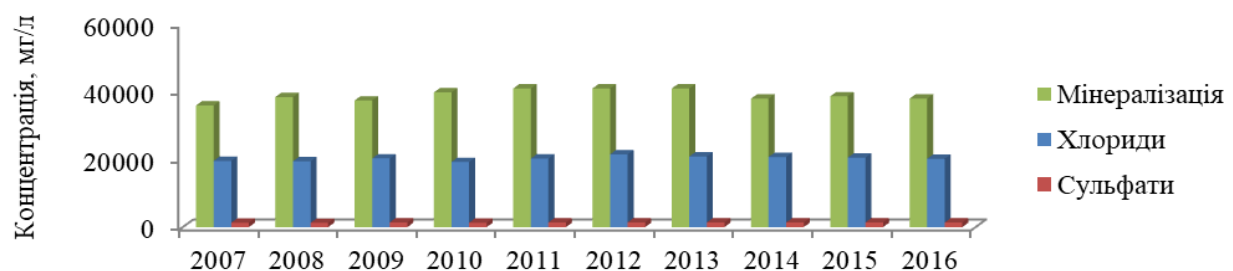


Рисунок 1 – Динаміка змін хімічного аналізу шахтних вод у ставку-накопичувачі в балці Свистунова за період 2007-2016 рр. [4]

Для розбавлення солоної шахтної води використовується природний стік ріки Інгулець а також дніпровська вода, яка по каналу Дніпро-Інгулець спочатку потрапляє у Карачунівське водосховище, а потім, за декілька днів до початку скиду шахтних вод, починає надходити у русло р. Інгулець. Після закінчення скиду шахтних вод розпочинається промивка русла р. Інгулець за окремим Регламентом. Мета промивки – виштовхнути прісною водою призми солоної води з русла Інгульця до Дніпра. Після закінчення заходу у вересні течія Інгульця входить до свого природного режиму.

Результати санітарної промивки русла р. Інгулець, проведеної у 2018 р. загальним обсягом поданої води 105,5 млн. м³, наведено на рис.2.

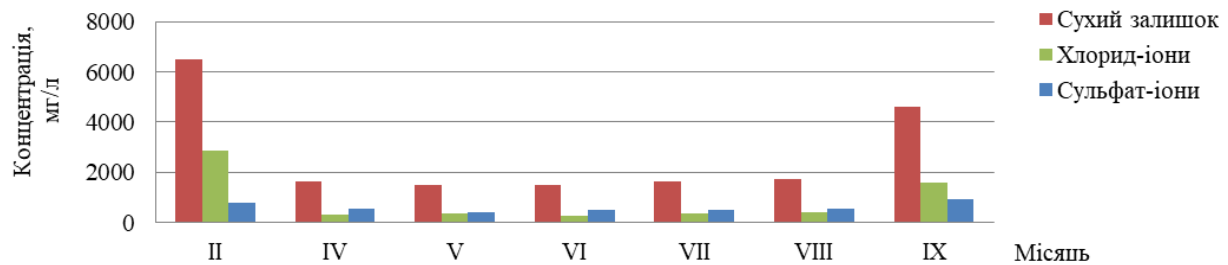


Рисунок 2 – Динаміка вмісту сухого залишку, сульфат-іонів, хлорид-іонів в р. Інгулець (пункт спостереження с. Андріївка) протягом 2018 року за даними Регіонального офісу водних ресурсів у Дніпропетровській області

Відзначимо, що в період промивки річки (квітень-вересень) вміст сухого залишку перевищує допустимі значення у 1,4-1,7 рази, сульфат-іонів – в 1,04-1,07 рази, жорсткість – в 1,6-1,9 разів.

Отже промивка русла р. Інгулець дає результати покращення якості води, але фактичні спостереження вказують, що після припинення надходження дніпровської води до р. Інгулець вже через 2-3 місяці хімічний склад поверхневих вод погіршується. Таким чином, регламент меліоративного заходу потребує удосконалення.

Основне забруднення р. Інгулець відбувається на території Криворізького залізничного басейну за рахунок скидів недостатньо очищених стічних та зворотних вод без очистки. Води р. Інгулець використовуються для господарсько-питних, культурно-побутових, рекреаційних та рибогосподарських цілей, що обумовлює необхідність постійного контролю за якістю поверхневих вод та мінімізації техногенного впливу підприємств гірничодобувної промисловості.

Актуальність досліджень підкреслюється основними задачами діючої Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року, а також діючих регіональних цільових програм: Довгострокова програма по вирішенню екологічних проблем Кривбасу та поліпшенню стану навколишнього природного середовища на 2011-2022 роки, Регіональна програма «Питна вода Дніпропетровщини» на 2006-2020 роки.

Постановка задачі. Метою досліджень є оцінка техногенного впливу на гідрохімічний склад поверхневих вод р. Інгулець в районах з розвиненою гірничодобувною промисловістю нижче за течію річки.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

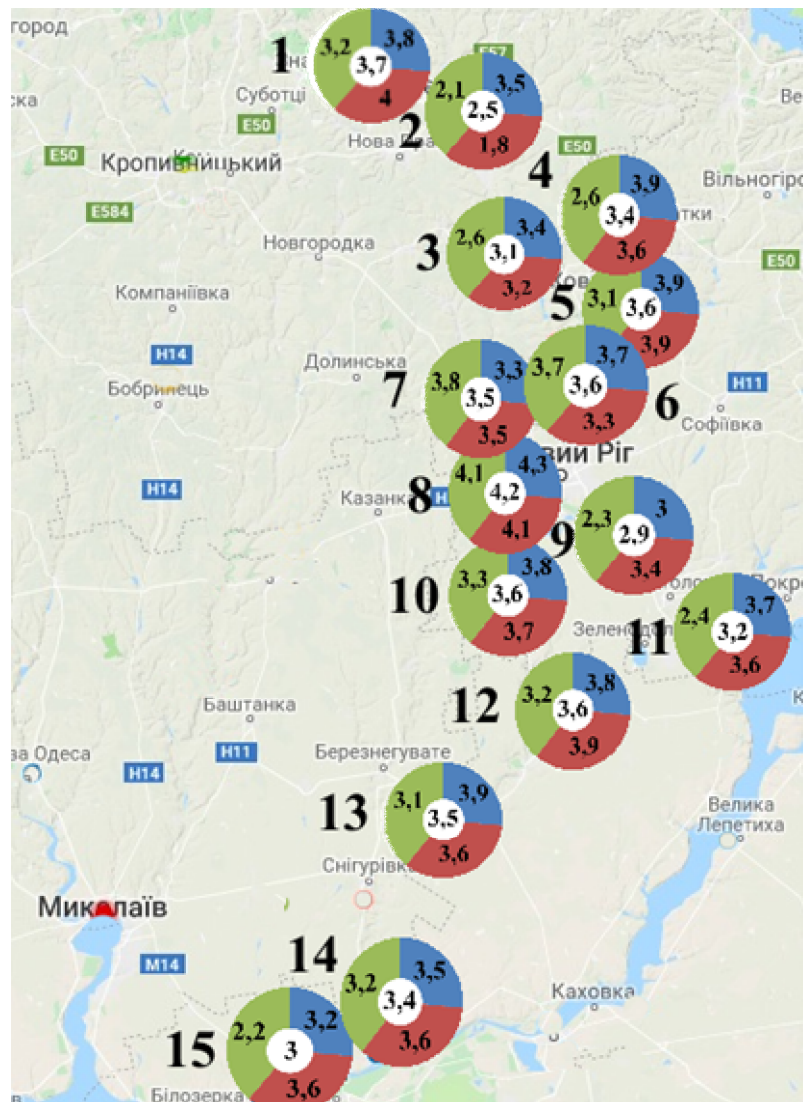
- дослідити динаміку гідрохімічних показників поверхневих вод середньої та нижньої течії р. Інгулець та виявити основні закономірності зміни якості поверхневих вод;
- виконати екологічну оцінку якості поверхневих вод за відповідними категоріями.

Об'єктом досліджень є динаміка змін гідрохімічних показників поверхневих вод р. Інгулець з урахуванням техногенного впливу підприємств гірничодобувної промисловості та інших джерел забруднення.

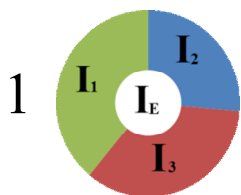
Для досягнення поставленої мети використано методику оцінка якості поверхневих вод впродовж 2005-2006 та 2015-2018 рр. за відповідними категоріями.

Результати роботи. Регіональний офіс водних ресурсів (РОВО) у Дніпропетровській області здійснює моніторинг якості вод у пунктах спостереження у районах основних водозаборів комплексного призначення, водогосподарських систем міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання відповідно до «Програми державного моні-

торингу довкілля в частині проведення Держводагентством радіологічних та гідрохімічних спостережень за станом поверхневих вод у створах спостережень», затвердженої наказом Держводагентства України № 6 від 11.01.2018 р. (рис.3, табл.2).



Умовні позначення:



- I_1 – показники сольового складу;
- I_2 – трофо-сапробіологічні показники;
- I_3 – специфічні показники;
- I_E – величина інтегрального екологічного індексу;
- 1 – нумерація пунктів спостереження, яка наведена на рис.3.

Рисунок 3 – Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод за середньорічними показниками за даними пунктів спостереження на р. Інгулець. Нумерацію постів спостереження наведено в табл.2

Якість вод р. Інгулець погіршується за течією. Найгірші показники якості води спостерігаються в нижній течії в пунктах с. Андріївка, с. Архангельське, с. Калінінське. Таблиця 2 – Стисла характеристика пунктів спостереження на ділянці р. Інгулець нижче за течією від с. Диківка Кіровоградської області

№	Пункт спостереження, відстань від гирла	Призначення водойми	Нормативний документ	Відповідність до вимог нормативних документів	Показники, за якими не дотримуються вимоги стандартів за період 2017-2018рр.
1	с. Диківка, Диківське водосховище, 502 км	Господарсько-питне	СанПіН 2.2.4-171-10	Не відповідає	Алюміній, рН, сульфат-іон
		Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	рН, сульфат-іони, алюміній, БСК ₅ , жорсткість
2	с. Марто-Іванівка, 483 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	Алюміній, жорсткість
3	смт. Петрово, Іскрівське водосховище, 393 км,	Господарсько-питне	СанПіН 2.2.4-171-10	Не відповідає	Алюміній, рН, сульфат-іон
		Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	Алюміній, сульфат-іони, хром-VI, БСК ₅ , жорсткість
4	с. Іскрівка, нижче впадіння р. Жовта, 373 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , жорсткість, запах, марганець, сухий залишок
5	с. Чкаловка, автомобільний міст, 348 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , жорсткість, запах, сухий залишок,
6	м. Кривий Ріг, Карачунівське водосховище, 335 км	Господарсько-питне	СанПіН 2.2.4-171-10	Не відповідає	Сульфат-іони, сухий залишок
		Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	Марганець, сульфат-іони, сухий залишок, БСК ₅ , жорсткість
7	с. Андріївка, 265 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , жорсткість, залізо, запах, марганець, сульфат-іон, сухий залишок, хлорид-іон
8	с. Архангельське, 210 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , рН, жорсткість, залізо, сульфат-іон, сухий залишок, хлорид-іон
9	с. Калінінське, 124 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , рН, жорсткість, залізо, сульфат-іон, сухий залишок, хлорид-іон
10	с. Дар'ївка, 20 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , рН, жорсткість, марганець, сульфат-іон, сухий залишок, хлорид-іон
11	с. Садове, гирло р. Інгулець, 0 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	Жорсткість, рН
12	р. Жовта, нижче скиду ТОВ "Схід-Руда", 22 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , жорсткість, залізо, запах, марганець, сульфат-іон, сухий залишок
13	р. Жовта, с. Мар'янівка, вище скиду ТОВ "Схід-Руда", 24 км	Для рекреації	СанПіН 2.1.5.980-0	Не відповідає	БСК ₅ , жорсткість, залізо, запах, марганець, сульфат-іон, сухий залишок
14	Канал «Дніпро-Кривий Ріг», Південне водосховище, 43 км	Господарсько-питне	СанПіН 2.2.4-171-10	Не відповідає	Сульфат-іони,
15	р. Дніпро, с. Мар'янське, головна водозабірна споруда каналу «Дніпро-Кривий Ріг», 196 км	Господарсько-питне	СанПіН 2.2.4-171-10	Не відповідає	Сульфат-іони, сухий залишок

П р и м і т к а. Нумерацію постів спостереження наведена на рис.3.

Аналіз динаміки зміни якості води р. Інгулець за пріоритетними середньорічними показниками проведено на основі лабораторних даних за період 2005-2017 рр. (рис.4-6).

Аналіз динаміки гідрохімічних показників за період 2005-2017 рр. на ділянці русла р. Інгулець від пункту спостереження с. Петрове, Іскрівське водосховище, що розташоване на відстані 393 км від гирла, і нижче за течією показав, що основними забруднювачами поверхневих вод в районах з розвиненою гірничорудною промисловістю є хлорид-іони і сульфат-іони, а також водам властива підвищена мінералізація. Найкращі показники якості води спостерігаються у верхній частині річки Інгулець (с. Петрово, с. Дар'івка).

Найгірші показники якості води фіксуються в пункті спостереження с. Андріївка, про що свідчать чисельні перевищення ГДК для питних потреб, наведених у СанПіН 2.2.4-171-10:

– максимально підвищений вміст хлорид-іонів 1132,38 мг/л зафіксовано у 2008 р. (перевищує ГДК у 3,2 рази), а найкраща якість поверхневих вод (794,94 мг/л) спостерігалась у 2012 р.;

– максимально підвищений вміст сухого залишку 3321,50 мг/л зафіксовано у 2005 р. (перевищує ГДК у 3,3 рази), а найкраща якість поверхневих вод спостерігалась у 2017 р. (2406,63 мг/л);

– максимально підвищений вміст сульфат-іонів 3321,50 мг/л зафіксовано у 2010 р. (перевищує ГДК у 1,8 рази), а найкраща якість поверхневих вод спостерігалась у 2014 р. (2406,63 мг/л).

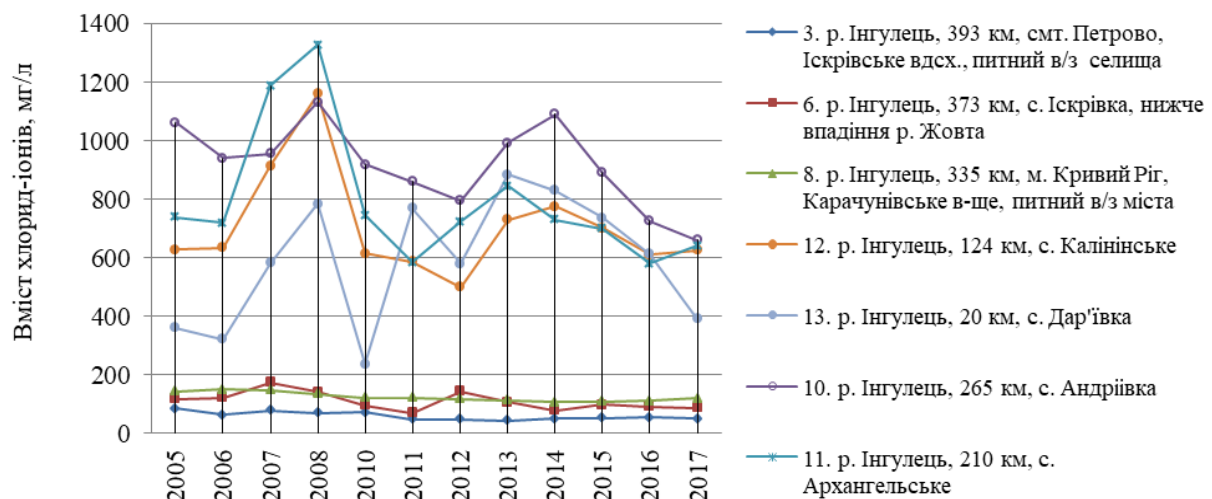


Рисунок 4 – Динаміка зміни середньорічного показника хлорид-іонів у водах р. Інгулець станом на 2005-2017 рр. Нумерацію постів спостереження наведено в табл.2 і на рис.3 за даними РОВР

До 2010 року показники якості води були гіршими, аніж зараз. Це, насамперед, пов'язано зі зміною регламенту санітарної промивки русла річки. В результаті оновлення регламенту промивки досягнуто більш стійке покращення якості поверхневих вод продовж теплого періоду. Сталими факторами впливу на якісний склад вод р. Інгулець залишаються: скиди надлишків зворотних вод гірничорудними підприємствами Кривбасу до початку промивки, вплив фільтраційних втрат з водонесучих комунікацій хвостосховищ Південного ГЗК, Інгулецького ГЗК, Центрального ГЗК та ставків-накопичувачів, які розташовані уздовж річки тощо.

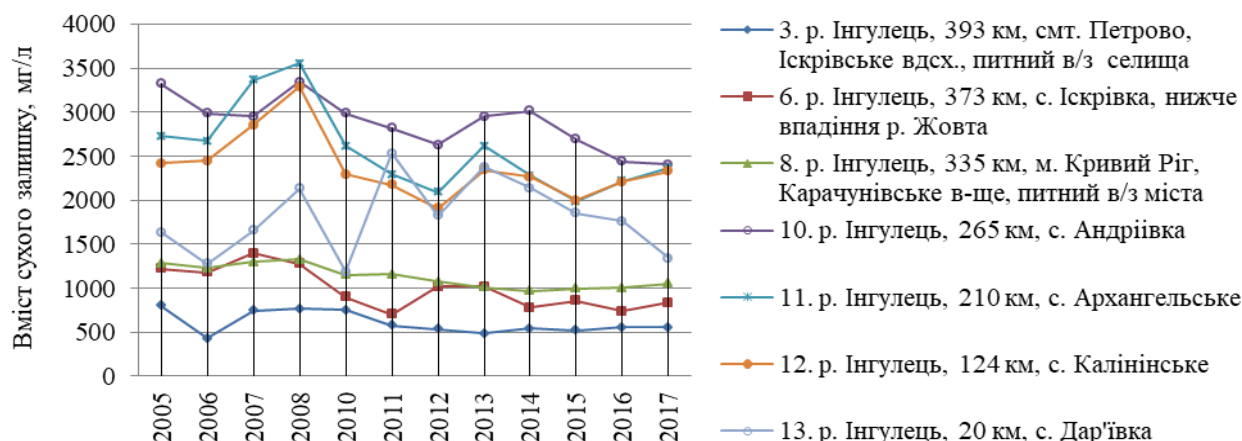


Рисунок 5 – Динаміка зміни середньорічного показника сухого залишку у водах р. Інгулець станом на 2005-2017 рр. Нумерацію постів спостереження наведено в табл. 2 і на рис. 3 за даними РОВР

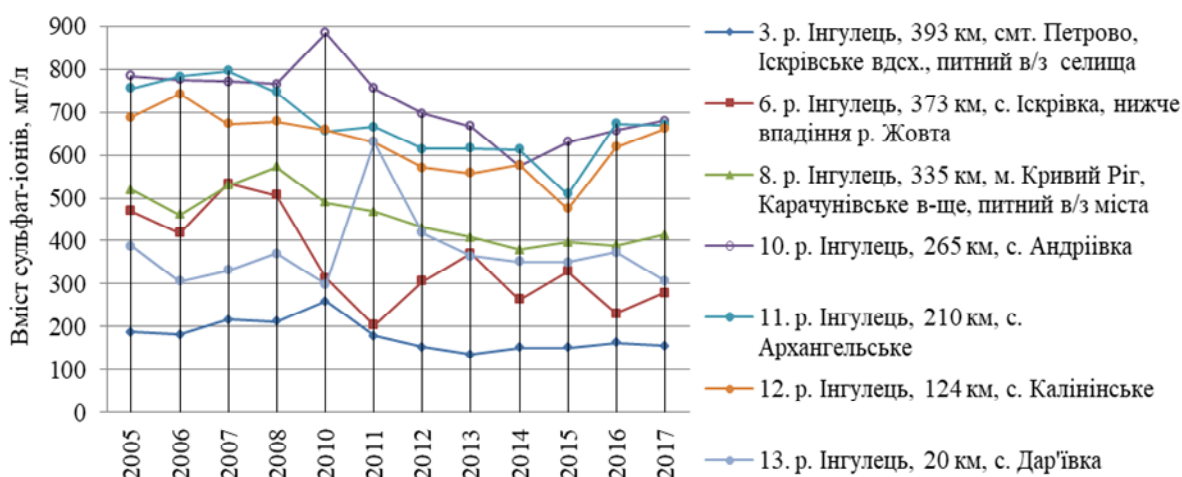


Рисунок 6 – Динаміка зміни середньорічного показника сульфат-іонів у водах р. Інгулець станом на 2005-2017 рр. Нумерацію постів спостереження наведено в табл.2 і на рис. 3 за даними РОВР

Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Інгулець за відповідними категоріями виконана за періоди 2005-2006 рр. та 2015-2018 рр. згідно з методикою, наведеною у ВНД 33-5.5-02-97 [6]. Екологічна оцінка якості поверхневих вод включає три блоки показників: сольового складу, трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних), специфічних речовин токсичної дії. Екологічний індекс обчислюється за формулою:

$$I_E = (I_1 + I_2 + I_3) / 3, \quad (1)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу; I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників; I_3 – індекс специфічних показників токсичної дії.

Результати розрахунків наведено на рис.3. Аналіз розрахунків показав:

1) води р. Інгулець за періоди 2005-2006 рр. та 2015-2018 р. за більшістю створів відносяться до II класу якості вод «Добрі», відповідна категорія 3 «Добрі» та до II класу якості води «Чисті» за ступенем їх чистоти (забрудненості), відповідна категорія 3 «Досить чисті»;

2) води р. Інгулець на пункті спостереження с. Андріївка на 15.08.2005 року характеризуються найгіршими показниками і відносяться до II класу якості вод «Добрі», відповідна категорія 3 «Добрі» та до II класу якості води «Чисті» за ступенем їх чистоти (забрудненості), відповідна категорія 3 «Досить чисті»;

3) води р. Жовтої за періоди 2005-2006 рр. та 2015-2018 р. за більшістю створів відносяться до III класу якості «Добрі», відповідна категорія 3 «Добрі» та до III класу якості води «Забруднені» за ступенем їх чистоти (забрудненості), відповідна категорія 4 «Слабозабруднені».

На підставі виконаної екологічної оцінки якості поверхневих вод річок Інгулець та Жовта за категоріями виявлено, що води переважно відносяться до II класу якості, тобто клас якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості) II «Чисті», що суперечить результатам аналізу динаміки змін гідрохімічних показників поверхневих вод, виконаного вище (рис.4-6). Це можна пояснити уведенням найвищих концентрацій сполук-забруднювачів, пріоритетних для поверхневих вод гірничодобувних районів, за рахунок відсутності непріоритетних забруднювачів, таких як феноли, стронцій, а також можливістю наявності в достатній кількості розчиненого кисню в забруднених водах річок.

Індекс екологічної оцінки якості вод (I_E) приводимо у відповідність до градації індексу EQI, яка надається у керівному документі Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС [6]. Для приведення індексу екологічної оцінки якості вод (I_E) до діапазону від 1 до 0, прийнятого для EQI, можна використати відношення (2):

$$I_{E_{np}} = 1 - (I_E / 7). \quad (2)$$

Отримані результати екологічної оцінки якості поверхневих вод досить суперечливі, оскільки, наприклад, у створі с. Андріївка більшість показників якості води не відповідає вимогам діючих нормативів (рис.4-6, табл.2).

Висновки. Багаторічна господарська діяльність підприємств гірничодобувної промисловості Криворізького залізорудного басейну призвела до порушення природного гідрохімічного режиму р. Інгулець.

1. За результатами аналітичних досліджень виявлено, що за гідрохімічним режимом виділяють три частини річки: верхня (від м. Олександрія до м. Кривий Ріг), середня (від м. Кривий Ріг до м. Снігурівка), нижня (від м. Снігурівка до гирла). Погіршення якості вод починається від пункту спостереження на Карачунівському водосховищі. Наприклад, в Карачунівському водосховищі середньорічна максимальна величина сухого залишку – 1330 мг/л, а в пункті спостереження с. Андріївка – 3347 мг/л; вміст сульфат-іонів в Карачунівському водосховищі – 379 мг/л, а в с. Андріївка – 575 мг/л; концентрація хлорид-іонів у Карачунівському водосховищі – 151 мг/л, а в с. Андріївка – 1062 мг/л.

2. За результатами екологічної оцінки якості поверхневих вод р. Інгулець за періоди 2005-2006 рр. та 2015-2018 р. визначено, що води переважно відносяться до II класу якості «Добрі» та до II класу якості «Чисті» за ступенем їх забрудненості.

3. Встановлено невідповідність якості вод р. Інгулець для задоволення потреб місцевого населення з рекреації, господарсько-питних та зрошення без додаткових заходів. Відповідно до вимог СанПіН 2.1.5.980-00 виявлено: перевищення ГДК за показниками: алюміній, БСК₅, рН, жорсткість, запах, залізо, марганець, сульфати, сухий залишок, хлориди; перевищення ГДК не спостерігається за показниками: розчинений кисень, мідь, нітрити, нітрати, феноли, хром.

4. Необхідне додаткове доочищення поверхневих вод для подальшого їх використання за господарсько-питним призначенням згідно з вимогами СанПіН 2.2.4-171-10.

Так, в деяких пунктах спостережень зафіксовано підвищений вміст БСК₅, заліза, марганцю, сульфатів, сухого залишку, хрому та висока жорсткість; вимоги дотримуються за вмістом у водах алюмінію, розчиненого кисню, міді, нітритів, нітратів, хлоридів, фенолів.

5. Низька якість води та значна амплітуда коливань гідрохімічних показників обумовлені переважно техногенним впливом гірничодобувних підприємств Кривбасу, скидами шахтних вод. Так, у 2018 році у водах р. Інгулець після скиду високомінералізованих шахтних вод вміст сухого залишку становив 6490 мг/л, а в травні в період проведення санітарної промивки русла – 1494 мг/л. Меліоративний захід покращує якість вод, але носить тимчасовий ефект. Після завершення промивки вже через 2-3 місяці хімічний склад поверхневих вод значно погіршується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Басейни водних об'єктів України (назва з екрану). Електронний ресурс. // Режим доступу: <https://www.davt.gov.ua/map>.
2. Басманов Є.І. Географія України: навч. посібк. Харків, 1993. 184с.
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОО Грін Д.С., 2016. 350с.
4. Регламент скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу у 2016-2017 рр. К.: ПАТ «Укрводпроект», ДУ ІГНС, 2016. 93с.
5. Порівняльна характеристика якості поверхневих вод за екологічними показниками річок в гірничодобувних регіонах / О.В.Орлінська, В.В.Любченко, Н.М.Максимова, М.Л.Любченко. *Управління водними ресурсами в умовах змін клімату*: матер. міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 21 березня 2017 р. К.: ІВПіМ, 2017. С.108-109.
6. Оцінка якості поверхневих вод в гірничо-видобувних регіонах Дніпропетровської області / О.В.Орлінська та ін. *Неделя еколога – 2017*: докл. междунар. науч. симп., Каменское, 10-13 апреля 2017 г. Каменское: ДГТУ, 2017. С.316-319. (Оптический диск).

Надійшла до редколегії 29.03.2019.