

<https://doi.org/10.15407/geotech2020.31.033>

УДК 504.064.4:622.34

**Пігулевський П.Г., Подрезенко І.М., Анісімова Л.Б., Тяпкін О.К.**

**Пігулевський П.Г.**, д.геол.н., Інститут геофізики НАН України, <https://orcid.org/0000-0001-6163-4486>, [Pigulevskiy@nas.gov.ua](mailto:Pigulevskiy@nas.gov.ua).

**Подрезенко І.М.**, к. геол.-мін. н., Інститут проблем природокористування та екології НАН України.

**Анісімова Л.Б.**, к. біол.н., Інститут проблем природокористування та екології НАН України

**Тяпкін О.К.**, д.геол.н., НТУ «Дніпровська політехніка»

## ДОСЛІДЖЕННЯ СУКУПНОСТІ ТЕХНОГЕННИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ГІДРОГЕОХІМІЧНИЙ СТАН ТЕРИТОРІЇ ПІВДНЯ КРИВБАСУ

*В умовах значного зменшення кількості стічних вод, пов'язаного з падінням промислового виробництва в Україні в останні десятиліття, зменшилася мінералізація поверхневих вод р. Дніпро та інших річок його басейну, що в цілому сприяє їх оздоровленню. У той же час гірничодобувна діяльність (в т.ч. залізорудні підприємства) продовжують бути одними з найбільших забруднювачів довкілля. У породах залізорудних родовищ зустрічаються Ga, Ge, Be, Sn, V, Mn, Ca, Cu, Ti, Cr, Ni, Pb, Mg, Ba, Zn, Zr, Au та інші хімічні елементи. Гірничодобувні підприємства часто межують із сільськогосподарськими угіддями, де в результаті внесення добрив і обробки рослин пестицидами в ґрунт потрапляють хімічні елементи різного ступеня небезпеки. Практично повне насичення конкретними елементами ґрунтів призводить до того, що отримана з добривами нова порція цих елементів може безперешкодно мігрувати в підземні водоносні горизонти (в основному в перший безнапірний водоносний горизонт) і в результаті змиву з водозбірної площі, в кінцевому рахунку, потрапляти в поверхневі водотоки і забруднювати їх. На прикладі Кривбасу показано, що внаслідок спільної дії факторів індустріальної (і, в першу чергу, гірничодобувної) і сільськогосподарської діяльності в цьому регіоні вже давно сформувалися нові стійкі природно-техногенні геосистеми, в яких найбільш уразливими елементами є поверхневі та підземні води і зона аерації. У сучасних умовах зменшення негативного впливу промислового (в т.ч. гірничого) виробництва все більш актуальним стає питання дослідження негативного впливу на довкілля діяльності агропромислового комплексу та визначення його частки у загальному техногенному навантаженні півдня Кривбасу. До основних забруднювачів ґрунту і підземних вод (а в подальшому – поверхневих вод і донних осадових) даного регіону, разом з відходами гірничодобувного виробництва, можна віднести добрива і пестициди, які надмірно внесені до ґрунту. Питання про забруднення сільськогосподарських угідь, що межують з об'єктами гірничого виробництва, вимагають детального комплексного вивчення, в т.ч. розробки методики розмежування впливу (вкладу) гірничо-промислового і аграрного комплексів у забруднення конкретної території.*

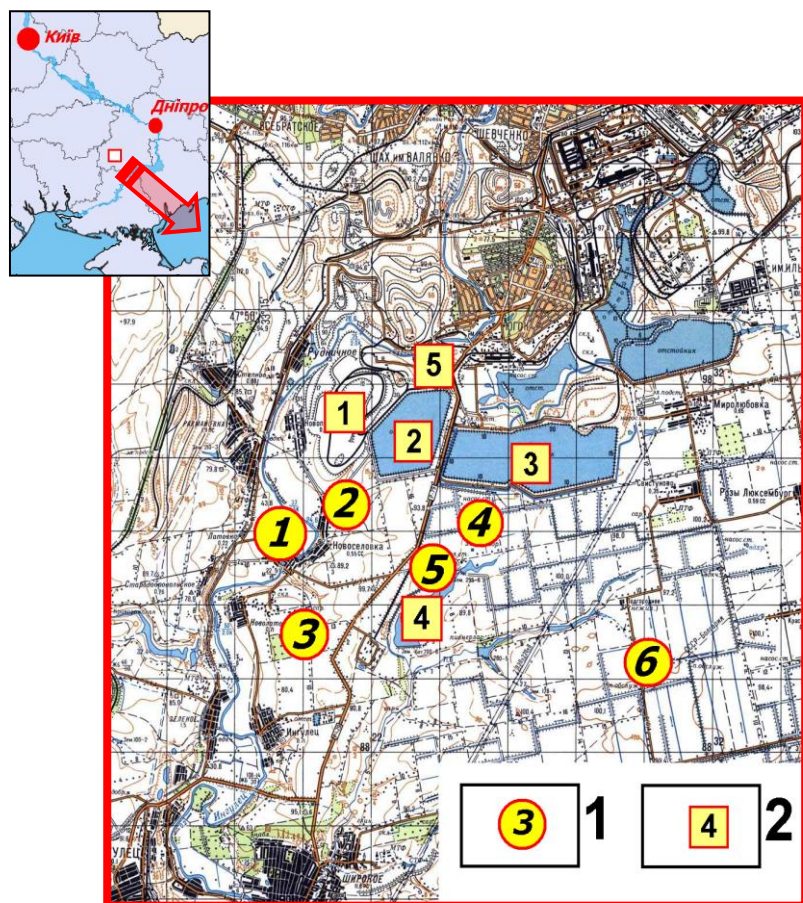
**Ключові слова:** гірниче виробництво, гірські породи, ґрунти, забруднювачі довкілля, поверхневі та підземні води, сільське господарство, хімічні добрива.

**Актуальність проблеми та методичні підходи до її вирішення.** Гірничодобувна діяльність (у т.ч. залізорудні підприємства) є одним із найбільших забруднювачів довкілля Кривбасу. У породах залізорудних родовищ є такі елементи як Ga, Ge, Be, Sn, V, Mn, Ca, Cu, Ti, Cr, Ni, Pb, Mg, Ba, Zn, Zr, Au та ін. У той же час гірничодобувні підприємства, особливо на півдні регіону, часто межують із сільськогосподарськими угіддями, де в результаті внесення добрив і обробки рослин пестицидами в ґрунт потрапляють хімічні елементи та сполуки різного ступеня небезпеки, які мігрують в підземні водоносні горизонти (здебільшого в перший безнапірний водоносний горизонт), а потім в поверхневі води, що призводить до їх забруднення. Разом із цим в результаті змивання хімічних компонентів з водозбірної площі забруднюючі речовини можуть потрапляти в поверхневі води і безпосе-

редньо. Основними джерелами забруднення територій сільськогосподарського використання є наступні токсини, що містяться в добривах: Cd, Mn, Cu, As, Cr, F, нітрати, нітрити і нітросо-сполуки та ін. Таким чином агропромисловий комплекс може значно збільшувати техногенне навантаження на територіях, прилеглих до гірничодобувних підприємств. В результаті основними причинами хімічного забруднення водного середовища та ґрунтів у Кривбасі є сукупний вплив гірничого виробництва та сільського господарства [1-3]. Здатність природного середовища до акумуляції, перетворення та поглинання різних елементів, у тому числі небезпечних, потребує більш детальних геохімічних досліджень, адже на сьогодні все ще залишаються маловивченими питання щодо поведінки багатьох хімічних елементів і сполук, які у достатньо ве-

ликих кількостях надходять у доквілля, в т.ч. від діяльності агропромислового комплексу.

Метою дослідження є вивчення комплексного впливу техногенних чинників від діяльності гірничого виробництва та сільського господарства на ґрунти, поверхневі та підземні води, які в свою чергу впливають на життєдіяльність гідробіонтів та населення – на прикладі півдня Кривбасу. Оглядову мапу регіону досліджень наведено на рис. 1.



**Fig. 1.** Overview map of the research region in the South of Kryvbas.

1 – point-stations of geochemical soil testing (1 – on the right bank of the Ingulets river opposite Novoselivka village, 12 samples; 2 – to the south from the left bank dump of JSC «Southern GZK», 48 samples; 3 – between villages Novoselivka and Ingulets, 84 samples; 4 – between tailing pond «Obiednane» of JSC «Southern GZK» and JSC «ArselorMittal Kryvyi Rih», and Svystunovo beam, 48 samples; 5 – between Svystunovo beam and the Shyroke-Kryvyi Rih highway, 36 samples; 6 – along the road between villages Stepove and Svystunovo, 72 samples); 2 – main local natural and man-made objects in the context of the hydrogeochemical research (1 – left bank dump and 2 – tailing pond «Voikovo» of JSC «Southern GZK», 3 – tailing pond «Obiednane», 4 – storage pond of highly mineralized open pit and mine water in Svystunovo beam of SE «Kryvbasshakhtozakryttia», 5 – Hrushovata beam)

**Викладення основного матеріалу.** Порівнюючи основні показники водосховищ основної водної артерії України – р. Дніпро в кінці минулого століття, коли промисловість України ще працювала на повну силу, з показниками початку нового XXI століття, коли відбулося різке скорочення виробничих потужностей, можна помітити значне зменшення стічних вод з підвищеною мінералізацією по всьому басейну р. Дніпро. Це в свою чергу спричинило значне зменшення мінералізації води цієї річки, що можна проі-

люструвати на прикладі її середньої течії в районі м. Дніпро (табл. 1).  
Основою методики проведених досліджень є графічно-аналітичні методи та різновиди хімічних аналізів проб ґрунтів, поверхневих і підземних вод, системний аналіз з урахуванням основ синергії та аналітичне узагальнення статистичних даних щодо основних природно-техногенних факторів, які впливають на гідросферу і ґрунти в межах складних техноекосистем гірничодобувних регіонів.

**Рис. 1.** Оглядова мапа регіону досліджень на півдні Кривбасу.

Умовні позначення: 1 – точки-станції геохімічного випробування ґрунтів (1 – на правому березі р. Інгулець, навпроти с. Новоселівка, 12 проб; 2 – на південь від лівобережного відвалу ПАТ «Південний ГЗК», 48 проб; 3 – між населеними пунктами с. Новоселівка та с. Інгулець, 84 проби; 4 – між хвостосховищем «Об'єднане» ПАТ «Південний ГЗК» та ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» і балкою Свистуново, 48 проб; 5 – між балкою Свистуново і шосе Широке-Кривий Ріг, 36 проб; 6 – уздовж дороги с. Степове – с. Свистуново, 72 проби); 2 – основні локальні природні і техногенні об'єкти в контексті проведених гідрогеохімічних досліджень (1 – лівобережний відвал та 2 – хвостосховище «Войково» ПАТ «Південний ГЗК», 3 – хвостосховище «Об'єднане», 4 – ставок-накопичувач високомінералізованих кар'єрних та шахтних вод у балці Свистуново ДП «Кривбасшахтозакриття», 5 – балка Грушувата)

люструвати на прикладі її середньої течії в районі м. Дніпро (табл. 1).

Це свідчить на користь того, що до основних забруднювачів ґрунтів регіону можна віднести добрива й пестициди, які застосовуються для обробки сільськогосподарських угідь. Внесені в ґрунт добрива лише на 30-60% використовуються рослинами, а інші 40-70% надходять у навколишнє середовище, підвищуючи його забруднення. В результаті практично повного насичення даними елементами ґрунтів регіону нова

«порція» хімічних елементів, отримана з добривами, може безперешкодно мігрувати в перший водоносний горизонт, а в результаті змивання з водозбірної площі, в остаточному підсумку, попадати в р. Інгулець. Туди

ж із хвостосховищ мігрують Р, РЬ, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, V і Mn. Таким чином забруднення поверхневих і підземних вод відбувається від спільної діяльності гірничого й агропромислового комплексів.

**Табл. 1.** Порівняння забруднюючих показників, які відображають роботу промисловості і сільського господарства на кінець XX століття і початок XXI століття (за даними Інституту проблем природокористування та екології НАН України – ІППЕ НАНУ)

**Table 1.** Comparison of polluting indicators that reflect the impact of industry and agriculture at the end of XX century and the beginning of XXI century (according to the data of Institute for Nature Management Problems & Ecology of NAS of Ukraine)

Показники	Середньорічні концентрації, мг/дм <sup>3</sup>			
	р. Дніпро (в межах м. Дніпро)		р. Дніпро, (нижче м. Дніпро)	
	кінець 1990-х років	2013-14 рр.	кінець 1990-х років	2013-14 рр.
сухий залишок	321	261	330	262
нітрати	8,3	4,2	2,6	4,7
нітрити	0,01	0,09	0,08	0,10
аміак	0,1	1,5	0,3	1,5
фосфати	0,2	0,6	0,2	0,6

На теперішній час зі зменшенням обсягів промислового виробництва значним забруднювачем річок поступово стає сільське господарство. Суттєвий надлишок внесених добрив, просочуючись у підземні води (через свою високу розчинність) або в результаті поверхневого змивання, в кінцевому підсумку потрапляють в річки. Зокрема для Кривбасу таке забруднення особливо характерно для малих річок. За останні десятиліття у цьому регіоні спостерігається зменшення кількості стічних вод через суттєвий спад гірничо-металургійного виробництва. Відповідне зменшення мінералізації поверхневих вод, у першу чергу р. Інгулець (як приклад на рис.2 наведено часові зміни мінералізації води цієї річки вище і нижче балки Грушувата – основної «дрени» найбільших гірничих підприємств півдня Кривбасу – ПАТ «Південний ГЗК» та ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»), позначилося на відтворенні річкової фауни. Так, за даними опитування місцевого населення, в Карачунівському водосховищі з'явилися раки. У цій річці збільшився вилов щуки, яка відноситься до хижих риб, і тому збільшення її кількості свідчить про зростання кормової бази. Також на берегах річки значно збільшилася кількість змій, що також свідчить про поліпшення екологічної обстановки в регіоні. Результати, наведені на рис.2, з одного боку вказують на зменшення мінералізації в р. Інгулець вже з 2007 р., а з іншого – на однакові межі змін показників мінералізації вод цієї річки вище і нижче балки Грушувата за останні 4 роки. З'ясування причин цього явища вимагає додаткових досліджень.

На прикладі міграції фосфору та азоту з водозбірних площ у підземні і поверхневі води можна показати їх негативний вплив на екологічний стан регіону досліджень. Сполуки фосфору і азоту є важливими показниками забруднення вод та належать до біогенних речовин у природних водах.

Раніше було встановлено, що азотні добрива вимиваються в колекторні і ґрунтові води в досить відчутних кількостях. Найбільший вміст азоту спостерігається у вегетаційний період – червень-вересень, тобто в період інтенсивного внесення азотистих добрив [4]. Аналогічна картина спостерігається і з розподілом вмісту фосфору в природних водах. Перший локальний максимум зростання концентрації загального фосфору в квітні-травні загальновідомий і пов'язаний з весняною повінню, коли фосфати вимиваються з водозбірної площі. У період з липня по вересень включно досить показово виділяється другий локальний максимум вмісту загального фосфору з істотним перевищенням гранично допустимих концентрацій (ГДК). Так, за даними ІППЕ НАНУ за 2015-2017 рр., вміст загального фосфору у воді р. Дніпро та її основних приток у межах Дніпропетровської області в цей період був у межах 1,184-1,805 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК ≤ 1,030 мг/дм<sup>3</sup>).

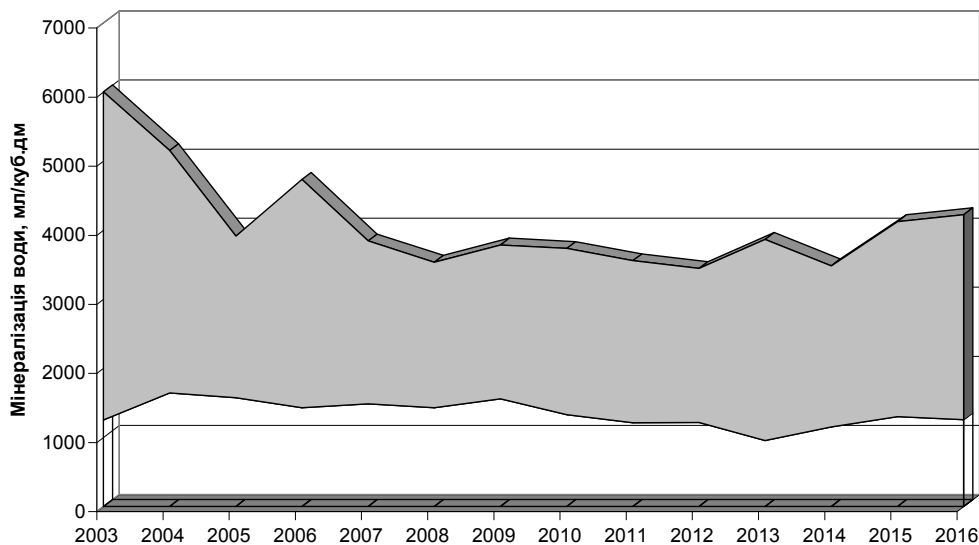
Вважається, що з інтенсифікацією вегетації водної флори в літній період пов'язане зменшення вмісту загального фосфору у воді, а з похолоданням та зменшенням світлового дня в осінній період – її відмирання, що супроводжується збільшенням вмісту фосфору в 5-10 разів [5,6]. Підтвердженням цього відмирання водної флори у вересні служать отримані дані ІППЕ НАНУ (2015-2017 рр.) різкого збільшення вмісту карбонатів кальцію і зменшення органічної складової у воді р. Дніпро та її основних приток у межах Дніпропетровської області. Тим не менш, не знайдено підтвердження того, що вміст фосфору в літній період в воді зменшився. Тобто це є додатковим доказом того, що підвищений вміст фосфору в літній період пов'язаний з його надходженням з полів (під час внесення фосфорних добрив) через водні колектори в річки регіону.

Основними джерелами забруднення сільськогосподарських територій є наступні токсини: в добривах – Cd, Mn, Cu, As, Cr, F, нітрати, нітроти, нітросполуки; а в пестицидах – нітросполуки, діоксини та їх похідні, As, Hg. Основні шляхи надходження у ґрунти «сільськогосподарського» забруднення зведені у табл. 2. У той же час в умовах Кривбасу значні території можуть забруднюватися токсинами, що виникають в результаті діяльності гірничодобувних (і, в першу чергу, залізородних) підприємств. Так, постійними домішками в залістистих кварцитах і багатих залістистих рудах є фосфор і сірка. Вони обумовлені наяв-

ністю в руді апатитів фосфору, а в сульфідах – сірки. Також у залістистих рудах зустрічаються Ga, Ge, Be, Sn, V, Mn, Ca, Cu, Ti, Cr, Ni, Pb, Mg, Ba, Zn, Zr, Au та ін. Постійними мікроелементами-супутниками (у 80-100% випадків) є Mn, Cu, Ti, Zn, Cr, Ni і Ge. Особливо це відноситься до таких елементів як Cr – 4,7-78,7 мг/кг, Mn – 1,9-198,34 мг/кг та Ge – 0,2-9 мг/кг.

Ґрунтуючись на результатах попередніх досліджень [7], можна виділити основні елементи-забруднювачі територій в результаті розробки залізородних родовищ Кривбасу (табл.3).

а



б

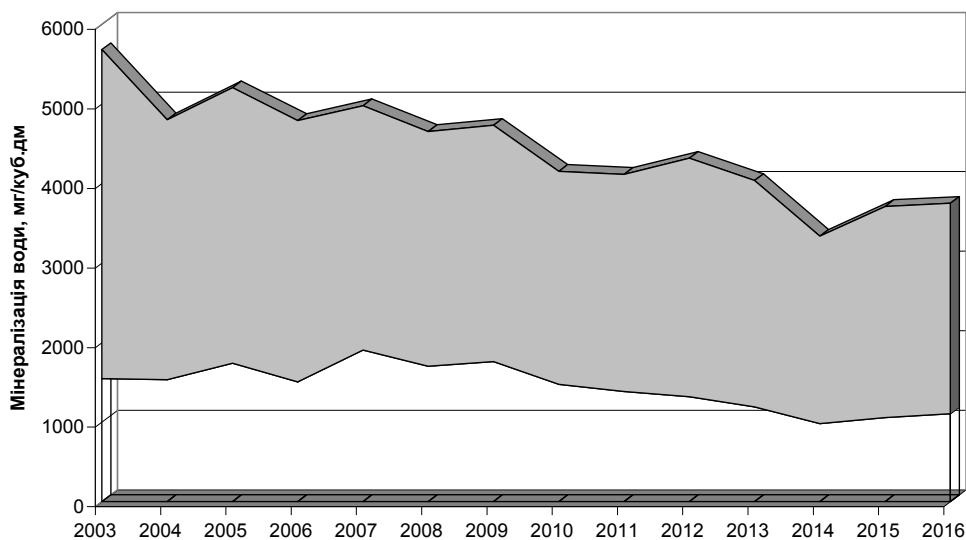


Рис. 2. Часові зміни мінералізації води р. Інгулець вище (а) і нижче (б) балки Грушувата (за даними ПАТ «Південний ГЗК»)

Fig.2. Temporal changes of water mineralization of Ingulets River above (a) and below (b) of the Hrushovat beam (according to the date of JSC «Southern GZK»)

Співставлення переліку основних елементів-забруднювачів, що виникли в результаті гірничого виробництва і сільськогосподарської діяльності, свід-

чить про їх близькість (табл. 3). Це може призвести до необґрунтованого перебільшення частки гірничого виробництва – як джерела в загальному забрудненні

суміжних сільськогосподарських територій. Для з'ясування геохімічного впливу гірничого виробництва на територію південного Кривбасу було досліджено динаміку змін вмісту Р, РЬ, Zn, Cu, Cr і Mn у чорноземах різних частин цього регіону (табл. 4-5).

Аналіз даних показав, що межі змін концентрацій елементів (Р, РЬ, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, V і Mn), які забруднюють чорноземні ґрунти на територіях південного Кривбасу, наближених до гірничих об'єктів, у т.ч. Лівобережного відвалу та хвостосховища «Войково» (ПРАТ «Південний ГЗК»), хвостосховища «Об'єднане» (ПАТ «Південний ГЗК», ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг») і ставка-накопичувача високомінералізованих кар'єрних та шахтних вод у балці Свистуново (ДП «Кривбасшахтозакриття»), а також на територіях, віддалених від цих об'єктів, однакові.

Результати аналітичних досліджень (табл. 6) свідчать про відсутність суттєвих розходжень по вмісту Р, Cr, Mn та Cu, які є «сукупними» забруднювачами, утвореними в результаті функціонування гірничорудного та агропромислового комплексів (табл. 3), у р. Інгулець вище й нижче балки Грушувата (де відбувається скидання вод із хвостосховищ «Войково» ПАТ «Південний ГЗК», «Об'єднане» ПАТ «Південний ГЗК» та ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»). Це підтверджує значне забруднення поверхневих вод регіону в результаті діяльності саме агропромислового комплексу. Таким чином, гідрогеохімічний стан території

півдня Кривбасу визначається сумарним суттєвим впливом як гірничорудного виробництва, так і агропромислового комплексу.

Додатково було проаналізовано результати апробування донних відкладень басейну р. Інгулець (за даними [8]). За даними спектральних аналізів в донних відкладеннях рр. Інгулець і Саксагань практично повсюдно присутні As, P, Cr, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Mo, V, Mn, Bi, Ti, Zr, Fe, Se, Ba, Sc, Sr, Y, Yb, La, Li, вміст більшості з яких близький до фонового. Разом із тим можна відзначити групу пріоритетних елементів-забруднювачів: I класу небезпеки – Pb, Zn, Be, P, As, Se; II класу – Cr, Cu, Mo, Ni, Co, Bi, Li; III класу – V, Mn; IV класу – Ag, Fe. Зокрема за результатами даних аналітичних досліджень щодо розподілу As (який не є основним елементом-забруднювачем гірничорудної промисловості) в басейні р. Інгулець, можна зробити висновок, що основним джерелом його надходження є добрива, які внесені у ґрунт у період вегетації рослин. Про це зокрема свідчить перевищення вмісту As по відношенню до його ГДК влітку (липень) ніж взимку (січень) – в 2,7-3,5 рази. Про це також свідчить і перевищення ГДК у донних відкладеннях по As в річках Бічна (с. Валове, 7,5 ГДК) та Боковенька (сел. Великофедорівка, 6,5 ГДК), при тому, що води р. Боковенька відносяться до дуже чистих, а р. Бічна – до слабо забруднених [8].

**Табл. 2.** Основні шляхи надходження у ґрунти «сільськогосподарського» забруднення [6].

**Table 2.** The main ways of entering the soil of "agricultural" pollution.

Хімічний елемент	Надходження, мг / кг сухого ґрунту					
	при зрошенні стічними водами	з фосфатними добривами	з вапняком	з азотними добривами	з органічними добривами	з пестицидами
As	2-26	2,0-1200	0,1-24,0	2,2-120	3-25	22-60
Cd	2-1500	0,1-170	0,04-0,1	0,05-8,5	0,3-0,8	-
Co	2-260	1-12	0,4-3,0	5,4-12	0,3-24	-
Cr	20-40600	66-245	10-15	3,2-19	25,2-55	-
Cu	50-3300	1-300	2-125	1-15	2-60	15-50
F	2-7	8500-38000	300-740	-	-	18-45
Hg	0,1-55	0,01-1,2	0,05	0,3-2,9	0,09-0,2	0,8-42
Mn	60-3900	40-2000	40-1200	-	30-550	-
Mo	1-40	0,1-60	0,1-15	1-7	0,05-3	-
Ni	16-5300	7-38	10-20	7-34	7,8-30	-
Se	2-9	0,5-25	0,08-0,1	-	2,4	-
Pb	50-3000	7-225	20-1250	2-27	6,6-15	60
Sn	40-700	3-19	0,5-4	1,4-16	3,8	-
Zn	700-49000	50-1450	10-450	1-42	15-250	1,3-25

**Табл. 3.** Основні елементи-забруднювачі територій в результаті діяльності гірничого виробництва та агропромислового комплексу

**Table 3.** The main elements-pollutants of the territories as a result of mining and agro-industrial complex activities

Комплекси	Основні елементи-забруднювачі										
	P	Mn	Cu	Cr	РЬ	Zn	Co	Ge	Ni	Ti	Sn
гірничорудний	P	Mn	Cu	Cr	РЬ	Zn	Co	Ge	Ni	Ti	Sn
агропромисловий	P	Mn	Cu	Cr	РЬ	Zn	Cd	As	F	Hg	Sr

**Табл. 4.** Межі вмісту елементів (мг/кг) в різних частинах південного Кривбасу за 2010-2015 рр. (валова форма)  
**Table 4.** Content limits (mg/kg) in different parts of Southern Kryvbas in 2010-2015 (gross form)

Хімічний елемент	Межі вмісту елементів (валова форма)					
	Точка 1 <sup>*)</sup>	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6
<b>P</b>	878-3000	500-3000	700-3000	500-1000	700-1000	700-1000
<b>Pb</b>	25-30	15-70	15-30	15-70	15-30	15-30
<b>Zn</b>	70-150	50-300	30-150	22-123	22-110	20-150
<b>Co</b>	15-22	7-25	10-25	5-25	15-22	8-20
<b>Ni</b>	30-45	10-70	10-50	30-70	45-50	30-50
<b>Cu</b>	20-50	30-50	30-45	20-35	20-52	20-35
<b>Cr</b>	50-110	25-134	30-115	50-110	70-110	25-115
<b>V</b>	50-100	50-194	50-100	20-112	70-122	70-100
<b>Mn</b>	230-700	230-756	193-700	500-700	350-700	150-700

**Примітка.** <sup>\*)</sup> Місцезнаходження точок-станцій геохімічного випробування ґрунтів – див. рис.1.

**Табл. 5.** Межі вмісту елементів (мг/кг) в різних частинах південного Кривбасу за 2010-2015 рр. (рухома форма)  
**Table 5.** Content limits (mg/kg) in different parts of Southern Kryvbas in 2010-2015 (mobile form)

Хімічний елемент	Межі вмісту елементів (рухома форма)					
	Точка 1 <sup>*)</sup>	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6
<b>Zn</b>	1,12-8,52	1,05-11,10	0,87-4,41	1,26-3,28	0,92-3,53	0,61-7,88
<b>Co</b>	0,5-2,58	0,5-2,87	0,5-2,34	0,50-2,53	0,50-2,20	0,5-2,30
<b>Ni</b>	1,50-4,20	1,00-4,30	1,25-3,98	1,28-4,34	1,85-4,00	1,00-6,57
<b>Cu</b>	0,5-1,84	0,5-2,13	0,5-1,77	0,50-2,10	0,50-0,53	0,5-0,92
<b>Cr</b>	1,75-2,81	1,57-7,65	1,10-5,62	1,27-3,76	1,01-3,00	1,10-3,41

**Примітка.** <sup>\*)</sup> Місцезнаходження точок-станцій геохімічного випробування ґрунтів – див. рис.1.

**Табл. 6.** Зміни концентрації окремих мікроелементів у р. Інгулець, в мг/дм<sup>3</sup>  
**Table 6.** Changes in the concentration of separate microelements in the Ingulets River, mg/dm<sup>3</sup>

Рік	а) Елементи в р. Інгулець, вище скидання в балку Грушовата, мг/дм <sup>3</sup>			
	P	Cr	Mn	Cu
2007	0,16-2,8	0,0011-0,0015	0,02-0,084	0,002-0,008
2008	0,09-0,6	0,0012-0,0016	0,047	0,002-0,13
2009	0,05-0,67	0,00107-0,0020	0,0110-0,0112	0,002-0,012
2010	0,072-0,63	0,00111-0,00122	0,0117-0,0120	0,0059-0,12
2011	0,14-0,33	0,00109-0,00120	< 0,005-0,0782	0,0026-0,0056
2012	0,080-0,516	0,00115-0,00142	< 0,005-0,018	0,0055-0,0074
2013	0,113-0,623	0,00142-0,00179	< 0,005	0,0052-0,0075
2014	< 0,05-0,0575	0,00121-0,00160	< 0,005	0,049-0,0057
2015	0,159-0,547	0,00109-0,00152	< 0,005	0,0050-0,103
2016	0,064-0,700	0,00109-0,00135	< 0,005	0,0052-0,0066
Рік	б) Елементи в р. Інгулець, нижче скидання в балку Грушовата, мг/дм <sup>3</sup>			
	P	Cr	Mn	Cu
2008	0,008-0,6	0,001-0,0013	0,046	0,004-0,013
2009	0,13-0,72	0,001-0,0018	-	0,003-0,011
2010	0,12-0,49	0,00092-0,00124	0,00540-0,0140	0,0053-0,012
2011	0,05-0,50	0,00101-0,00118	< 0,005-0,0797	0,0032-0,0053
2012	0,11-0,567	0,001-0,00147	< 0,005-0,019	0,0049-0,0080
2013	0,064-0,623	0,00134-0,00187	< 0,005	0,0055-0,0082
2014	< 0,05-0,533	0,00116-0,00158	< 0,005	0,0046-0,0056
2015	< 0,05-0,404	0,00106-0,00141	< 0,005	0,0046-0,0092
2016	0,098-0,385	0,00101-0,00116	< 0,005	0,0049-0,0059

У районах зазначених населених пунктів забруднюючий вплив гірничорудної промисловості відсутній. Також слід зазначити, що в р. Інгулець в районі с. Старолатівка перевищення ГДК за вмістом As в донних відкладах становить ~4 рази, а перевищення за вмістом фонових значень для елементів Zn, Mo і Vі, відповідно, – 2,9, 2,2 та 2,0 рази. Мо, як і As, широко розповсюджений в донних відкладеннях усього басейну р. Інгулець із перевищенням фонових значень до 5 разів. Джерелом надходження Мо в ґрунт є фосфатні добрива (табл. 2), а в асоціації із залізною рудою Мо не зустрічається.

**Висновки та запропоновані шляхи вирішення проблеми.** На основі узагальнюючого аналізу рухливості основних елементів, які забруднюють території в результаті сільськогосподарської діяльності, встановлено істотний вплив міграції цих елементів на геохімічний стан ґрунтів, поверхневих та підземних вод південного Кривбасу. Порівняння основних елементів-забруднювачів, які створюють небезпеку в результаті діяльності гірничого виробництва та агропромислового комплексу, свідчить про їх практичну totoжність. Це призводить іноді до необґрунтованого перебільшення внеску частки останніх в загальне забруднення сільськогосподарських територій, суміжних з об'єктами гірничого виробництва.

Результати досліджень динаміки вмісту P, Pb, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, V та Mn у чорноземному ґрунті показали, що на території південного Кривбасу їх валові

показники залишаються практично незмінними протягом останніх років. Низькі значення вмісту рухливих форм цих елементів свідчать про практично повне насичення ними ґрунтів. Вміст цих елементів у чорноземному ґрунті поблизу об'єктів гірничого виробництва й на значному віддаленні від них має ті ж самі межі зміни. Це свідчить про те, що до основних забруднювачів ґрунту цього регіону можна віднести добрива та пестициди. Зафіксовані тут забруднення поверхневих вод і, в першу чергу, р. Інгулець, значною мірою можуть бути наслідками діяльності агропромислового комплексу. Таким чином, і забруднення підземних вод може бути викликане практично в рівній мірі об'єктами як гірничого виробництва, так і сільськогосподарського комплексу.

Результати досліджень про розподіл As та Мо у донних відкладах басейну р. Інгулець свідчать про те, що основним джерелом їх надходження можна вважати добрива, що внесені у ґрунт у період вегетації рослин. Разом із цим, Co, Pb, Zn та Ag за рахунок пиління сухих хвостів гірничого виробництва можуть потрапляти у ґрунт, що потребує подальшого детального вивчення забруднення цими елементами територій поблизу хвостосховищ. В цілому отримані результати відкривають можливість для розробки методики розмежування часток небезпечного впливу гірничої промисловості та аграрного комплексу у формування загального гідрогеохімічного стану конкретного регіону.

#### Література.

1. До питання визначення основних техногенних факторів, які впливають на гідрогео-хімічний стан півдня Кривбасу / [О.К. Тяпкін, І.М. Подрезенко, Н.С. Остапенко та ін.] ЕКОФОРУМ – 2017. С.51-52.

2. К вопросу решения задач экологической безопасности, связанных с негативным влиянием химических удобрений на гидросферу / [П.И. Пигулевский, И.Н. Подрезенко, О.К. Тяпкин и др.] Экологичні науки. К.: ДЕА, 2019. № 5(24). Т. 1. С.76-81.

3. Подрезенко І.М Особливості оцінки небезпечного впливу гірничого та агропромислового виробництв на території в районі Кривого Рогу. Матеріали IV Міжнарод. наук.-практ. конференції. К.: Державна комісія України по запасах корисних копалин, 2017. Т.2. С.226-232.

4. Никаноров А.М. Гидрохимия / А.М. Никаноров. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 351с.

5. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии / В.Д. Романенко. К: Генеза, 2004. 664с.

6. Международный регистр потенциально токсичных химических веществ. Женева: ЮНЕП, 1992. – 32с.

7. Губіна В.Г. Залізовмісні відходи України: стан та перспективи використання. К.: Логос, 2010. 127с.

8. Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення / [І.Д. Багрії, П.Ф. Гожик, Е.В. Самоткал та ін.]. К.: Фенікс, 2005. 216с.

#### Reference

1. Tyapkin O.K, Podrezenko I.M, Ostapenko N.S (2017), Topical Issues and Innovations: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Ivano-Frankivsk, 51-52 pp.

2. Pigulevsky P.I, Podrezenko I.N, Tyapkin O.K (2019), Environmental Sciences, Kyiv, 5 (24), Vol. 1, 76-81 pp.

3. Podrezenko. I.M, Ostapenko N.S, Kryuchkova S.V., Kirichenko V.A (2017), Kiev, State Commission of Ukraine for Minerals Reserves, Vol.2. 226-232 pp.

4. Nikanorov A.M (1989), Hydrochemistry, L. Hydrometeorol., P. 351.

5. Romanenko V.D (2004), Fundamentals of Hydroecology, Kiev, Genesis, P. 664.

6. International Register of Potentially Toxic Chemicals (1992), Geneva, UNEP, 32 p.

7. Gubina V.G (2010) Iron-containing wastes of Ukraine: status and prospects of use, Kyiv, Logos, 127 p.

8. Bagri I.D, Gozhik P.F, Samotkal E.V (2005), Kyiv, Phoenix, 216 p.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЮГА КРИВБАСА

**Пигулевский П.И.**, д.геол.н., Институт геофизики НАН Украины, Pigulevskiy@nas.gov.ua.

**Подрезенко И.М.**, к. геол.-мин. н., Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины.

**Анисимова Л.Б.** к. биол.н., Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины

**Тяпкин О.К.**, д.геол.н., НТУ «Днепровская политехника», <https://orcid.org/0000-0002-2345-8343>

*В условиях значительного уменьшения количества сточных вод, связанного с падением промышленного производства в Украине в последние десятилетия, уменьшилась минерализация поверхностных вод р. Днепр и других рек его бассейна, что в целом способствует их оздоровлению. В то же время горнодобывающая деятельность (в т.ч. железорудные предприятия) продолжают быть одними из крупнейших загрязнителей окружающей среды. В породах железорудных месторождений встречаются Ga, Ge, Be, Sn, V, Mn, Ca, Cu, Te, Cr, Ni, Pb, Mg, Ba, Zn, Zr, Au и другие химические элементы. Горнодобывающие предприятия часто граничат с сельскохозяйственными угодьями, где в результате внесения удобрений и обработки растений пестицидами в почву попадают химические элементы разной степени опасности. Практически полное насыщение конкретными элементами почвы приводит к тому, что полученная с удобрениями новая порция этих элементов может беспрепятственно мигрировать в подземные водоносные горизонты (в основном в первый безнапорный водоносный горизонт) и в результате смыва с водосборной площади, в конечном счете, попадать в поверхностные водооток и загрязнять их. На примере Кривбасса показано, что вследствие совместного действия факторов индустриальной (и, в первую очередь, горнодобывающей) и сельскохозяйственной деятельности в этом регионе уже давно сформировались новые устойчивые природно-техногенные геосистемы, в которых наиболее уязвимыми элементами являются поверхностные и подземные воды и зона аэрации. В современных условиях уменьшения негативного влияния промышленного (в т.ч. горного) производства – все более актуальным становится вопрос исследования воздействия на окружающую среду деятельности агропромышленного комплекса и определения его доли в общей техногенной нагрузке юга Кривбасса. К основным загрязнителям почвы и подземных вод (а в дальнейшем – поверхностных вод и донных осадков) данного региона, вместе с отходами горнодобывающего производства, можно отнести избыточно вносимые в почву удобрения и пестициды. Вопрос о загрязнении сельхозугодий, граничащих с объектами горного производства, требует детального комплексного изучения, в т.ч. разработки методики разграничения влияния (вклада) горнопромышленного и аграрного комплексов в загрязнение конкретной территории.*

**Ключевые слова:** горное производство, горные породы, почвы, загрязнители окружающей среды, поверхностные и подземные воды, сельское хозяйство, химические удобрения.

## RESEARCH OF COMPLETENESS OF TECHNOGENIC FACTORS INFLUENCING THE HYDROGEOCHEMICAL CONDITION OF THE TERRITORY OF SOUTH OF KRYVBAS

**Pigulevskiy P.**, Doctor of Geology, Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, Pigulevskiy@nas.gov.ua.

**Podrezenko I.**, PhD (Geol.-min.), Institute of Problems of Nature Management and Ecology, NAS of Ukraine.

**Anisimova L.**, PhD (Biol), Institute of Environmental Management and Ecology of NAS of Ukraine

**Tyapkin O.**, D.Sc. (Geol.), NTU "Dniprovsk Polytechnic"

*In conditions of a significant reduction in the amount of wastewater, associated with a drop in industrial production in Ukraine in recent decades, the mineralization of surface waters of Dnipro river and other rivers of its basin decreased. This generally contributes to their recovery. At the same time, mining (including iron ore enterprises) continues to be one of the largest environmental pollutants. There are Ga, Ge, Be, Sn, V, Mn, Ca, Cu, Te, Cr, Si, Pb, Mg, Ba, Zn, Zr, Au and other chemical elements in the rocks of iron ore deposits. Mining enterprises often border agricultural land, where chemical elements of varying degrees of danger fall into the soil as a result of fertilizing and treating plants with pesticides. Almost complete saturation with specific soil elements leads to the fact that a new portion of these elements obtained with fertilizers can freely migrate to underground aquifers (mainly to the first non-pressure aquifer) and, as a result of surface flushing from the catchment area, ultimately, fall into surface watercourses and pollute them. On the example of Krivbas it is shown that due to the combined action of factors of industrial (and, first of all, mining) and agricultural activity in the region, new stable natural and technogenic geosystems have long been formed, in which surface and underground waters and aeration zone are the most vulnerable elements. In modern conditions of reducing the negative impact of industrial (including mining) production, the question of studying the environmental impact of the activity of the agro-industrial complex and determining its share in the total technogenic load of the south of Krivbas is becoming increasingly relevant. The main pollutants of soil and groundwater (and hereinafter - surface water and bottom sediments) in this region, together with mining waste, include fertilizers and pesticides that are excessively introduced into the soil. The issue of pollution of farmland bordering mining facilities requires a detailed comprehensive study, including development of a method for distinguishing between the influence (contribution) of mining and agricultural complexes in the pollution of a specific territory.*

**Keywords:** mining, rocks, soils, environmental pollutants, surface and groundwater, agriculture, chemical fertilizers.