

І. М. Малахов, Т. М. Альохіна, А. О. Бобко, В. В. Іванченко

ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ СКЛАДУ СУЧАСНИХ ДОННИХ ОСАДКІВ р. ИНГУЛЕЦЬ

(Рекомендовано акад. НАН України Є. Ф. Шнюковим)

Сосредоточено внимание на некоторых особенностях литологического состава донных осадков поверхностных вод в горнодобывающем регионе — Криворожском железорудном бассейне. Определены гранулометрический состав, удельная плотность, влагоемкость, солесодержание, количество магнитного продукта и содержание тяжелых металлов в донных осадках. Приведены данные о пространственном распределении этих характеристик в р. Ингулец. Выполнены минералогический и петрографический анализы донных осадков. Выделены техногенная, антропогенная и природная составляющие донных осадков.

The focus of this issue is on specific lithological characteristics of bottom Sediments Rivers at Kryvey Rig mining region. It was determined lithological characteristics follow as grain-size classification, specific density, water-absorbing capacity, salt content, content of magnetic fraction, concentration of heavy metals also. Delineate of location of lithological characteristics. It was carry out mineral also petrography analysis. Besides, it was defined three components into bottom sedimentn. There are technogenic, anthropogenic also nature components of bottom sediments.

Найбільша права притока р. Дніпро — р. Ингулець протікає по території Кіровоградської, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей, серед яких найбільш індустріально навантаженою є Дніпропетровська. Внаслідок вітрової і водної ерозії, зсувів, опливин, осипів тощо з антропогенних морфоструктур* Криворізького гірничовидобувного басейну до поверхневих водойм потрапляють природні, техногенні і техногенно перетворені мінерали, гірські породи і руди [2, 4, 6]. Суттєвих змін зазнає річкова система під впливом щорічних скидів високомінералізованої шахтної і шламової води і наступного промивання річища дніпровською водою, а також масштабного літнього водозабору у пониззі р. Ингулець з метою зрошення сільгоспугідь Херсонської і Миколаївської областей, внаслідок якого вода в річці ру-

хається у зворотному напрямку ("антиріка") на відстані 80—120 км від гирла. Безперечно, це має вплинути на літологічний склад і фізичні властивості донних річкових осадків.

Тому актуальності набувають дослідження, які мають на меті визначення впливу природних і техногенних факторів формування сучасних донних осадків "середніх" річок України на прикладі р. Ингулець. Важливість вивчення літологічного складу, динаміки розповсюдження та умов формування донних осадків на шельфах морів та у річках України раніше відображена в роботах І. Д. Багрія, П. Ф. Гожики, Ю. І. Іноземцева, О. Ю. Митропольського, Б. І. Новикова, Є. Ф. Шнюкова та ін. [2, 3, 7—9].

Район досліджень має довжину близько 360 км від гирла р. Жовта (Кіровоградська область) і до впадіння р. Ингулець у Дніпро (Херсонська область). За допомогою спеціально розробленої методики на цьому відрізку визначено три зони: антропогенна, техногенна, техноплагенна. Виявлено 25 характерних ділянок довжиною 1—3 км, в межах яких визначено 15 місць відбору проб завдовжки 100—500 м [5].

Донні осадки у кожній з визначених зон відрізняються за кольором, щільністю, пластичністю, запахом. Серед них переважають чорні або темно-сірі відклади. В місцях накопичення органічної речовини з'являється бурозелений відтінок. Іноді у пробах при-

* Антропогенні морфоструктури — відносно великі штучні форми рельєфу (кар'єри, відвали, шламосховища, зони зсуву й обвалення), що зобов'язані своїм походженням техногенним факторам видобування мінеральних ресурсів, але їх розвиток обумовлений природними геологічними процесами у геологічному масштабі часу. Антропогенні морфоструктури мають різноманітний літологічний склад, досить складну геологічну будову і складаються з декількох елементів. Більш докладно антропогенні морфоструктури Кривбасу розглянуті у роботах [4, 6].

сутній запах сірководню, пов'язаний з мікробіологічними процесами, які активно протікають у верхньому м'якопластичному дуже обводненому шарі мулу (1—10 см).

За розмірами уламків сучасні осадки р. Інгулець поділяються на чотири групи: 1) гравійні й дресвяно-щебнисті осадки конусів виносу балок і перекатів; 2) гравійні піски, піски, алевритові піски і піщані алеврити; 3) алеврити; 4) пелітові алеврити. Гранулометричний склад змінюється від переважно пелітової складової у верхній та нижній течіях до пелітово-алеєвритової й алеєвритової у середній (табл. 1).

Серед пісків і гравійних пісків за мінеральним і петрографічним складом виділяються залізо-кремениста рудна граувака, сланцево-кварцитова гравійна літограувака й олігоміктовий кварцовий пісок. Граувака є продуктом місцевого і виключно недалекого переносу і накопичення [11].

Залізо-кремениста рудна граувака утворює осадок річки, генетично і просторово пов'язаний з перемивом конуса виносу балки Грушеватой, в якій розташовані діючі

і законсервовані шламосховища гірничо-збагачувальних комбінатів. Нижче за течією, поблизу с. Рахманівка, осадок поступово перетворюється в сланцево-кварцитову гравійну літограуваку, в складі якої переважають фрагменти безрудних кварцитів і сланців. На південь від Кривбасу (техноплагенна зона), біля с. Давидів Брід, дана група осадків представлена олігоміктовими кварцовими пісками.

Алеврити утворюються в донних осадках річки локально. Вони виявлені в центральному районі Кривбасу та гирлі р. Інгулець. Представлені кварцовими різновидами з невеликою домішкою рудних мінералів і карбонатів.

Пелітові алеврити поширені в пониззі р. Інгулець від м. Снігурівка і до гирла. В їх мінеральному складі домінує кварц і, меншою мірою, карбонати та глинисті мінерали.

Гранулометричний склад проб з визначених вище профілів досить різноманітний. Середньозважені значення розміру частинок для кожного окремого профілю змінюються від 0,07 до 2,86 мм. Середні значення цього

Таблиця 1. Гранулометричний склад донних осадків (%)

Гранулометричні фракції, мм	Зона 1, антропогенна		Зона 2, техногенна		Зона 3, техноплагенна			
	с. Іскрівка, 376*	с. Лозуватка, 355	б. Грушевата, 310	с. Рахманівка, 302	с. Заградівка, 243	с. Давидів Брід, 179	с. Снігурівка, 123	с. Садове, 0
>10	3,8	2	0,7	6,6	0	9,8	0,3	8,7
10÷5	6,4	1	0,5	11,8	0,3	5,9	0	4
5÷3	3,2	1	0,9	9,3	0,3	4,5	0	1,9
3÷2	1,8	0,9	0,7	9,9	0,3	4,1	0	1,5
2÷1	3,6	0,9	5,3	13	1,4	8,3	0	1,6
1÷0,5	2,7	0,7	23	9,1	2,5	11,4	0,05	1
0,5÷0,315	5,6	2,7	38,1	12,7	7,5	14,5	0,1	3,1
0,315÷0,25	3,6	5	11,3	9,7	5,6	10,4	0,05	2,1
0,25÷0,1	15,2	46,4	15,5	12,7	21,1	27,2	0,9	24,6
0,1÷0,07	2	2,7	0,8	0,8	2,5	0,6	0,5	4
0,07÷0,05	1,3	1	0,3	0,3	2,1	0,1	1	5,4
<0,05	50,8	35,7	2,9	4,1	56,4	3,2	97,1	42,1

* Відстань від гирла ріки (км).

показника, визначені для трьох зон впливу (антропогенної, техногенної та техноплагенної), чітко виокремлюються. У цілому, середній розмір частинок обумовлений речовинним складом проби, співвідношенням піщаного та глинистого матеріалу. Отримані дані (табл. 1) свідчать про збільшення кількості матеріалу в класі $0,5 \div 0,1$ мм для проб, відібраних нижче б. Грушевата, до 40%. Водночас кількість пелітових частинок менше 0,05 мм не перебільшує 1%, що суттєво вирізняє цю пробу від проб, узятих вище та нижче місць скиду промислових вод Криворізького гірничо-металургійного регіону. Якщо відокремити цю пробу від інших, то за винятком лесових, пелітових частинок класу менше 0,05 мм гранулометричний склад більшості проб досить однорідний. Зазначена аномалія може бути певним індикатором наявності техногенного матеріалу у пробі.

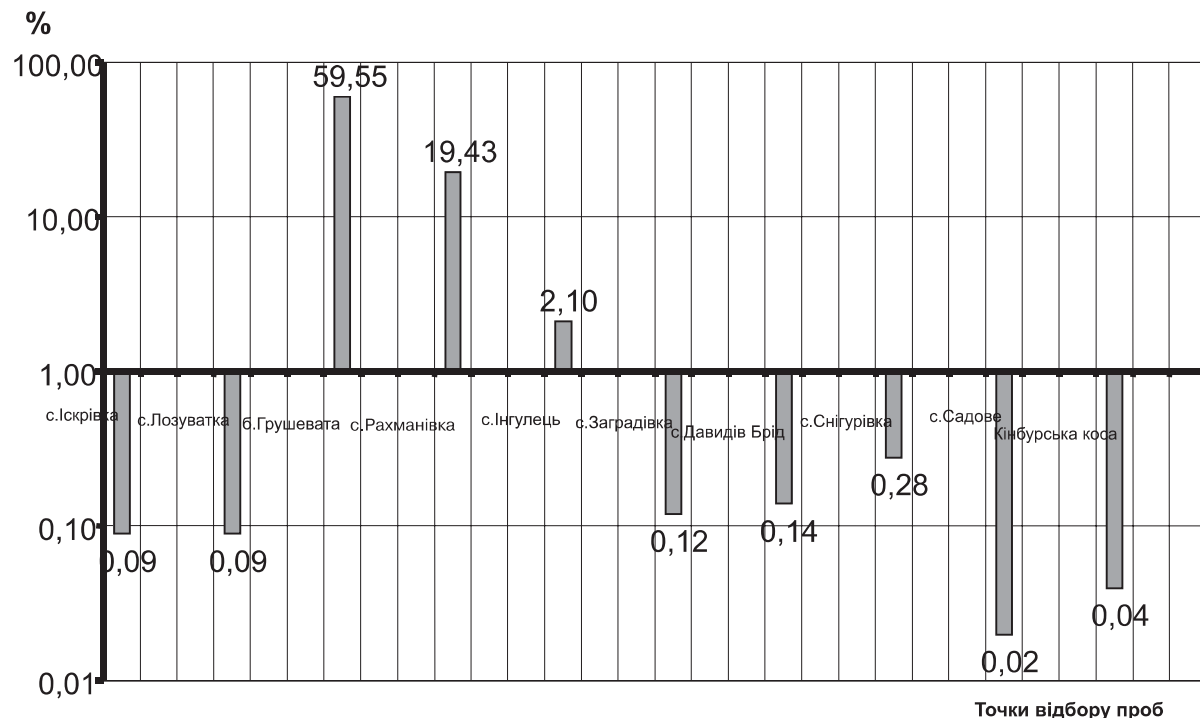
Визначення питомої щільності донних осадків показало, що існують дві схожі ділянки вище і нижче Кривого Рогу, де цей показник змінюється в інтервалі $2,34\text{—}2,48$ т/м³. Між ними знаходиться зона довжиною до 20 км, що охоплює південну частину Криворізького залізорудного басейну, де щільність $2,6\text{—}3,1$ т/м³.

Питома щільність шламів збагачення бідних залізних руд Кривбасу знаходиться

в межах $2,6\text{—}3,8$ т/м³. Зважаючи на розташування шламосховищ двох гірничо-збагачувальних комбінатів у верхів'ях балок, які впадають до Інгульця, можна припустити з певною вірогідністю, що в середній течії (район б. Грушевата і с. Рахманівка), де показник питомої щільності становить відповідно 3,11 і 2,7 т/м³, донні осадки значною мірою складені із відходів збагачення магнетитових кварцитів. На це вказує і кількість магнітного продукту в пробах, що наведені у вигляді діаграми (див. рисунок).

На діаграмі видно три зони із різко відмінною кількістю магнітного продукту. Вище північної околиці Кривого Рогу на 10—15 км та нижче за течією від Південного гірничо-збагачувального комбінату на 20—25 км кількість магнітних частинок вимірюється сотими та десятими частками відсотка (від 0,02 до 0,28%). У межах Кривого Рогу та нижче за течією на 15—20 км кількість магнітного продукту в пробі змінюється від 59,55% (б. Грушева) до 2,1% (с. Інгулець). Визначена аномалія добре корелює з характером змін у гранулометричному складі та щільністю.

В сучасному осадку р. Інгулець визначено велику кількість різного складу літо-і кристалокастів, органічних залишків і мінеральних утворень промислового походження. Їх перелік наведено нижче.



Загальна кількість магнітних частинок у пробі, %

Таблиця 2. Середній валовий вміст ВМ у донних осадах проточної частини р. Інгулець, Карачунівського водосховища, гирлових ділянок річок Бокова і Боковенька

Елементи	ГДК(мг/кг)	Регіональний фон (мг/кг)	Концентрації ВМ, М±m (мг/кг сухої маси)			
			р. Інгулець	Карачунівське водосховище	р. Боковенька	р. Бокова
Fe	500	89650	15000±3420**	33588±13158**	28750±8500**	27000±2449**
Mn	1500	700	85,7±21,2	864,7±340,8*	350±191,5	420±109,5
Cu	100	30	2,7±0,9	16,4±5,3	2±1,1	3,6±1,3
Ni	100	40	4,9±1,2	8,3±2,7	15±23,8	7±4,3
Pb	30	20	3,3±1,0	18,6±15,7	12,5±25	сліди
Cr	100	60	8,1±2,9	11,2 ±4,1	17,5±23,6	24±19,5
Zn	300	70	16,8±14,3	31,4±18,6	25±50	60±54,7

* Перевищення регіонального фонового рівня.

** Перевищення ГДК.

Гірські породи: алевроліт, амфіболіт, бурий залізняк, вапняк, гнейс, граніт, кварцит гематитовий, кварцит гетит-гематитовий, кварцит магнетитовий, кварцит слюдяний, марганцева руда, пісковик, сланець, філіт.

Мінерали: актиноліт, андалузит, апатит, арагоніт, берил, біотит, окиси та гідроокиси марганцю, гематит, гетит, гіпс, глауконіт, гранат, графіт, дистен, егірин, епідот, золото, ільменіт, кальцит, каолініт, кварц, кумінгтоніт, лейкоксен, магнетит, малахіт, мікроклін, монацит, мусковіт, опал, ортит, пірит, піротин, плагіоклаз, рибекіт, рогова обманка, рутил, сидерит, силіманіт, ставроліт, сфен, тантало-ніобати, топаз, турмалін, халцедон, хлорит, циркон.

Органічні залишки: вугілля буре і кам'яне, мушлі морські і річкові, копроліти, залишки сучасної флори та фауни.

Техногенно змінені природні компоненти: продукти та відходи збагачення залізистих кварцитів.

Техногенні утворення: шлак металургійний, частинки пилу і шламу, що походять з металургійних підприємств і ТЕЦ (магнітні кулі, металургійне скло, коксовий дріб'язок, графіт металургійний), вогнетривки, замаслені частинки та ін.

Гірські породи і мінерали в складі зерен осаду, у цілому, зберегли характерні ознаки природних утворень кори вивітрювання, поширеної на водозбірній площі Кривбасу.

Проте природні техногенно змінені гірські породи характеризуються відсутністю гіпергенних змін, кутастою формою уламків, наявністю силікатів і сульфідів та інших мінералів, нестійких у корах вивітрювання. Техногенні утворення (штучні мінерали й агрегати) певною мірою успадкували головні риси продуктів діяльності промислових підприємств. Разом з тим як у їх формі, так і вторинних змінах і перетвореннях відобразились нові властивості, набуті в умовах річкового седиментогенезу (обкатаність, відсутність розчинних мінералів та ін.).

Для промислово навантажених територій, до яких, безперечно, слід віднести Кривбас, характерним є забруднення навколишнього середовища важкими металами (ВМ). Тому актуальності набуває дослідження вмісту ВМ у сучасних донних осадах. Середній багаторічний вміст ВМ у донних осадах проточної частини р. Інгулець у середньому на порядок нижче фонового регіонального рівня. Тоді як вміст ВМ у донних осадах малопроточного Карачунівського водосховища та гирлових ділянок річок Бокова та Боковенька є значно більшим, перевищуючи для ряду металів не тільки регіональний фоновий рівень, але й гранично допустимі концентрації — ГДК (табл. 2) [1].

Це, на думку авторів, свідчить про те, що уповільнення водообміну призводить до акумуляції седиментаційного матеріалу,

Таблиця 3. Досліджені літологічні характеристики донних осадків

Літологічна характеристика	Зона 1, антропогенна	Зона 2, техногенна	Зона 3, техноплагенна	
			Плесо	Природний перекаат
Середньозважений розмір частинок, мм	0,97	1,76	0,69	2,54
Питома щільність, г/см ³	2,43	2,8	2,43	2,48
Вологоємність, %	64,32	31,87	52,12	26,21
Вміст водорозчинних солей, % у 100 г сухої проби	0,59	0,16	0,55	0,16
Загальний вміст магнітного продукту, %	0,09	27,02	0,1	0,14

який за умов техногенного навантаження містить значну кількість поліютантів техногенного походження, зокрема ВМ.

Водночас зауважимо, що "проточність" р. Інгулець та пов'язана із цим відсутність накопичення ВМ у донних осадках за сучасних еколого-геологічних умов є штучними. Зміни гідрологічного режиму, що визначаються для р. Інгулець, обумовлюються техногенним перетворенням всієї гідросистеми: створенням каскаду водосховищ, скидами великих обсягів неочищених або малоочищених стічних вод (понад 120 млн м³), скидами високомінералізованих вод шламосховищ (15—18 млн м³) та "промиваннями" річища Інгульця дніпровською водою [2, 6].

Додатково до вказаних вище літологічних характеристик визначили також вологоємність та вміст водорозчинних солей. Комплекс літологічних характеристик донних осадків району дослідження зведено у табл. 3.

Висновки

1. На літологію сучасних донних осадків гідросистеми Кривбасу впливають як природні, так і техногенні фактори. До перших відносяться відомі і достатньо вивчені чинники: клімат, тектонічний режим і геологічна будова території водозбірного басейну. Діяльність гірничо-металургійного комплексу Кривбасу впродовж понад 120 років спричинило формування групи техногенних факторів: вплив антропогенних морфоструктур на формування літологічного складу донних осадків, техногенні та природні техногенно

змінені компоненти. Ступінь вивченості техногенної складової донних осадків г ідросистеми Кривбасу не відповідає надмірно великим темпам розвитку і концентраціям гірничовидобувних і металургійних робіт.

2. За впливом техногенних факторів формування донних осадків басейн р. Інгулець поділяється на три зони: антропогенну, техногенну та техноплагенну. В цих зонах річкові відклади чітко відрізняються гранулометричним складом, питомою щільністю, загальною вологоємністю, вмістом магнітного продукту та розчинних солей.

3. У першій і третій зонах у складі уламків переважають природні компоненти: гірські породи, руди, мінерали й органічні залишки. У центральній (техногенній) зоні в осадку з великою перевагою домінують техногенно змінені (переміщені, подрібнені і збагачені) магнетитові кварцити і вміщуючі породи залізисто-кременистої формації Криворізького басейну; присутні техногенні шламові і шлакові частинок металургійного виробництва.

4. Середній багаторічний вміст ВМ у донних осадках проточної частини р. Інгулець на порядок нижче фонового регіонального рівня. У проточній частині річки від м. Кривий Ріг і до гирлових ділянок уздовж течії тенденції до накопичення ВМ у донних осадках не виявлено. Простежується чіткий дисбаланс у характері накопичення ВМ у проточній та малопроточній частинах гідросистеми Кривбасу. У малопроточних частинах гідросистеми (Карачунівське водосховище, гирлові ділянки річок Бокова та Боковенька) спостерігається тенденція до накопичення ВМ.

5. Виявлення і дослідження просторового розподілу техногенного компонента в утвореннях сучасної річкової системи можливі лише за умови використання комплексу літологічних характеристик (індикаторів), до яких можуть належати такі: гранулометричний склад, питома щільність, вологоємність, загальний вміст магнітного продукту, водорозчинних солей, ВМ, мінеральний і петрографічний склад донних осадків.

1. *Альохіна Т. М., Бобко А. О., Малахов І. М.* Вміст важких металів у воді та донних відкладах річки Інгулець // Гідробіол. журн. — 2008. — № 3 (44). — С. 114—120.
2. *Багрій І. Д., Гожик П. Ф., Самоткал Є. В. та ін.* Гідросистема Криворізького басейну — стан і напрямки поліпшення. — К.: Фенікс, 2005. — 216 с.
3. *Геологія Чорного и Азовского морей /* Под ред. Е. Ф. Шнюкова. — Киев: Наук. думка, 2000. — 338 с.
4. *Куделя А. Д.* Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горнообогатительных комбинатов УССР. — Киев: Наук. думка, 1984. — 496 с.
5. *Літологія сучасних донних осадків поверхневих водойм Криворізького залізорудного басейну /*

Під ред. І. М. Малахова. — Кривий Ріг: Оксан-Принт, 2008. — 110 с. — (Сер. Геологічне середовище антропогенної екосистеми).

6. *Малахов І. М.* Техногенез у геологічному середовищі. — Кривий Ріг: Оксан-Принт, 2003. — 252 с. — (Сер. Геологічне середовище антропогенної екосистеми).
7. *Митропольський О. Ю., Наседкін Є. І., Оськіна Н. П.* Екогеохімія Чорного моря. — К.: Наук. думка, 2006. — 279 с.
8. *Новиков Б. И.* Донные отложения Днепровских водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1985. — 172 с.
9. *Шнюков Е. Ф., Зиборов А. Н.* Минеральные богатства Черного моря. — Киев, 2005. — С. 145—154.
10. *Шнюков Е. Ф., Иноземцев Ю. И., Маслаков Н. А.* Геологическая история развития речной сети на северо-западном шельфе Черного моря // Геология и полезные ископаемые Черного моря. — Киев, 1999. — С. 238—244.
11. *Швецов М. С.* Петрография осадочных пород. — М., 1958. — 416 с.

Від-ня мор. геології

та осад. рудоутворення НАН України,
Київ

E-mail: imalgon@yahoo.com

Стаття надійшла

29.04.09