М.В. Беліцька

Відділення морської геології і осадового рудоутворення НАН України, Кривий Ріг

ТЕХНОГЕННІ ЧИННИКИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРИРОДНОГО СТАНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

На прикладі річки Інгулець вивчено вплив природних і техногенних факторів на формування сучасних алювіальних відкладів. Псефітові відміни осаду збагачені щебенем розкривних порід залізорудних кар'єрів, псамітові — відходами збагачення та металургійної переробки залізних руд. Комплексне надходження рудних мінералів з кори вивітрювання порід і руд залізисто-кременистої формації та промислових підприємств сприяє формуванню природно-техногенних розсипів важких мінералів. Наявність в алювії мінеральних парагенезисів і асоціацій промислового походження є індикатором суттєвих змін екології річкової мережі і довкілля в цілому.

Ключові слова: *річка Інгулець, алювій, гематит, магнетит, гетит, збагачення корисних копалин, залізорудний концентрат.*

Вступ

Потужним фактором сучасного літогенезу стало надходження в басейни седиментації продуктів діяльності гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК), металургійних та інших підприємств [3, 6, 7]. Максимального антропогенного впливу зазнають малі та середні річки, на водозбірній площі яких розташовані потужні гірничо-видобувні та переробні комбінати. Дослідження алювію р. Інгулець на ділянці її максимального забруднення промисловими відходами має визначити масштабність перебудови осаду та характер взаємодії природних і техногенних факторів його формування.

Об'єкт дослідження

Інгулець бере початок із джерел у балці поблизу с. Топило Знам'янського району Кіровоградської області, на висоті 180 м над рівнем моря, та протікає територією Кіровоградської, Дніпропетровської, Херсонської та Миколаївської областей. Впадає в р. Дніпро з правого берега на 46 км вище від Дніпровсько-Бузького лиману, на висоті 1,6 м над рівнем моря. Ріка має розгалужену гідрографічну мережу. Її водозбірна площа становить 14 460 км^2 [12].

Алювіальні відклади Інгульця представлені широким спектром осадів: від валунів на перекатах в районі с. Іскрівка до глинисто-карбонатного мулу в гирлових ділянках, поблизу с. Садове [8].

На водозбірній площі річки поширені різноманітні утворення Українського кристалічного щита, які в межах Причорноморської низовини змінюються осадовим комплексом порід кайнозою. За даними шліхового опробування алювій р. Інгулець має чітку егірин-ільменіт-гематит-магнетитову спеціалізацію, успадковану від залізистих порід криворізької серії [1, 4].

Надходження до річкового осаду природних літо- і кристалокластів нині доповнилося мінеральними частками промислового походження. Особливо великого антропогенного впливу річка зазнала в зоні діяльності гірничо-металургійних підприємств Криворізького басейну. Тому в останні кілька десятків років мінералогія донних відкладів, а також поверхневих морфоструктур, джерел мінеральної речовини, суттєво змінилася [5, 6, 9]. Докорінно іншими стали джерела живлення і характер твердого стоку зливових вод на водозбірній площі. Природна система «кора вивітрювання—річка» доповнена, а місцями повністю заміщена потужними системами транспортування техногенно змінених і техногенних мінералів: «відвал—річка», «хвостосховище—річка», «шламосховище—річка», «промисловий пил—річка», «місто—річка» та іншими. Вони докорінно змінили стан довкілля взагалі і склад донних річкових відкладів зокрема. В окремих ділянках річища відбулося збагачення алювію природними і техногенними мінералами заліза, а їх концентрація досягла кондиції для залізистих кварцитів Криворізького басейну [2, 11].

За результатами, наведеними в роботі [6], найбільш збагачені магнітними мінералами ділянки річища у південній частині Криворізького залізорудного басейну, від балки Грушувата, де розташовані хвостосховища Новокриворізького і Південного ГЗК, до с. Інгулець (рис. 1). Вони і послужили об'єктом досліджень

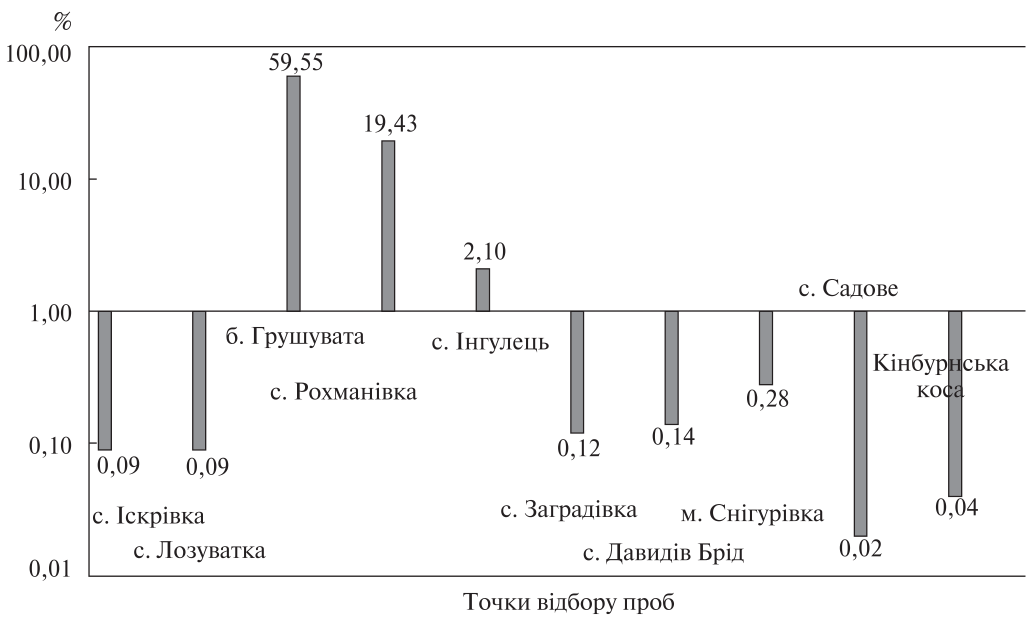


Рис. 1. Вміст магнітної фракції у донних відкладах р. Інгулець, від с. Іскрівка на півночі до гирла [6]

Рис. 2. Гирло балки Грушувата (*а*) та річка Інгулець (*б*) на ділянці опробування

для даної публікації. На вказаному відрізку внаслідок відсипки берегів річки щебенем розкривних порід родовища залізистих кварцитів, ширина русла штучно зменшилась, а швидкість течії зросла (рис. 2). Тому твердий стік балки Грушувата переноситься на кілька кілометрів униз за течією, за межі гірничого відводу підприємства. Проби для досліджень донних осадів із найвищим вмістом мінералів заліза відібрані у б. Грушувата та в р. Інгулець нижче гирла балки.

Методи

Матеріал проб розділили на лабораторних ситах, дослідили методами оптичної та растрової електронної мікроскопії (РЕМ), рентгеноспектрального мікрозондового аналізу (РМА). Технологічні випробування річкового осаду на збагачуваність виконали методами комплексної гравітаційної, магнітної та високоградієнтної магнітної сепарації у повітряному потоці за методикою і на обладнанні НАН України [10].

Результати

Гранулометричний склад донного осаду р. Інгулець і б. Грушувата наведено в таблиці. З таблиці видно, що в матеріалах проб спостерігаються три максимуми: >10,00 мм; 0,25—0,10 мм; <0,063 мм. Перший з них відповідає розміру шматочків щебеню, другий — природній компоненті осаду, третій співпадає з технологічно обумовленою гранулометрією хвостів збагачення магнетитових кварцитів (<0,07 мм).

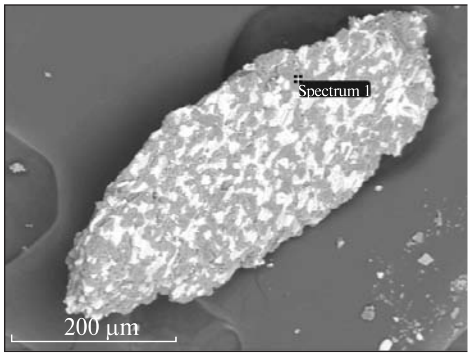
Гранулометричний склад донного осаду р. Інгулець і б. Грушувата, %

Проба	Клас крупності, мм										
	>10,0	10,0—5,0	5,0—3,0	3,0—2,0	2,0—1,0	1,0—0,45	0,45—0,35	0,35—0,25	0,25—0,1	0,1—0,063	<0,063
1	19,03	9,16	3,67	2,85	7,37	2,37	6,46	1,62	12,57	1,26	33,64
2	—	0,53	0,53	0,43	0,62	0,63	0,49	1,55	23,87	19,47	51,88
3	15,38	1,97	1,35	1,3	3,36	2,83	11,75	5,29	39,59	7,75	9,43
4	—	0,3	0,3	0,33	0,76	0,94	0,85	0,84	24,93	10,76	59,95

Примітка: 1 — тальвег б. Грушувата на відстані 50 м до гирла; 2 — гирло б. Грушувата; 3 — берег р. Інгулець, 200 м нижче від гирла балки; 4 — тальвег р. Інгулець, 200 м нижче від гирла балки.

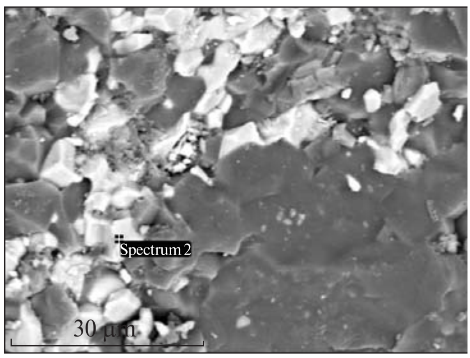
Рис. 3. Шаруваті верстви рудної грауваки — чорного піску у пляжних відкладах р. Інгулець, з великим вмістом часток магнетитових кварцитів у складі відходів збагачення ГЗК

Element	Weight, %	Atomic, %	Compd, %	Formula
Si K	44.50	32.31	95.20	SiO_2
Fe K	3.36	1.23	4.80	Fe_2O_3
O	52.14	66.46		
Totals	100.00			



а

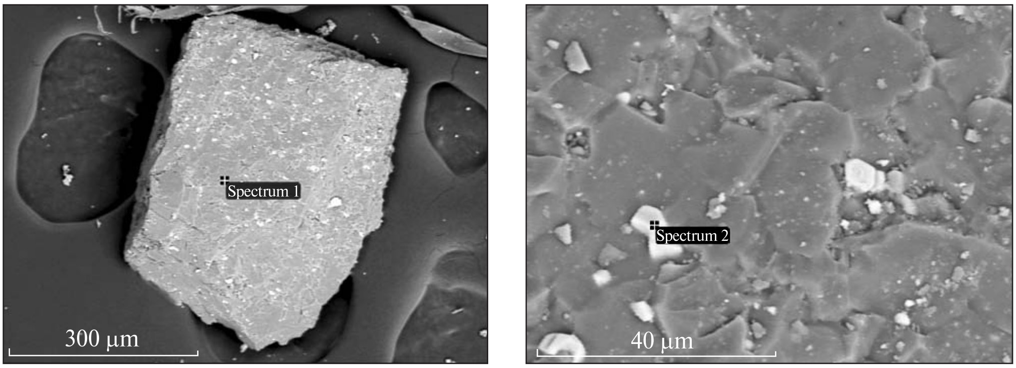
Element	Weight, %	Atomic, %	Compd, %	Formula
Si K	2.98	3.27	6.38	SiO_2
Fe K	65.48	36.08	93.62	Fe_2O_3
O	31.54	60.65		
Totals	100.00			



б

Рис. 4. Уламкові зерна залізистих кварцитів у складі алювію р. Інгулець. Магнетит (світло-сіре) утворює дрібні ідіоморфні кристали у кварцовій масі (темно-сіре) (*а*) і лінзоподібні розгалужені скупчення ксеноморфних зерен (*б*). РЕМ, РМА

У більшості гранулометричних класів домінують літокласти: уламки залізистих та силікатних кварцитів і сланців залізисто-кременистої формації Криворіжжя. Піщані осади даного складу місцями утворюють грубошаруваті темносірі поклади рудних граувак із підвищеним вмістом мінералів заліза, в першу чергу магнетиту, гематиту, гетиту (рис. 3). Шаруватість зумовлена варіацією гранулометрії та мінерального складу літокластів. Головною компонентою її є уламки дрібнозернистих метаморфічних гірських порід і руд: магнетитових і гематитових кварцитів, сланців, силікатних кварцитів. Трапляються також шлакові та шламові часточки металургійного походження з металевим залізом і його оксидами, шматочки вогнетривів та інших дрібнозернистих техногенних мінеральних агрегатів [3].



Element	Weight, %	Atomic, %	Compd, %	Formula
Si K	46.74	33.33	100.00	SiO_2
O	53.26	66.67		
Totals	100.00			

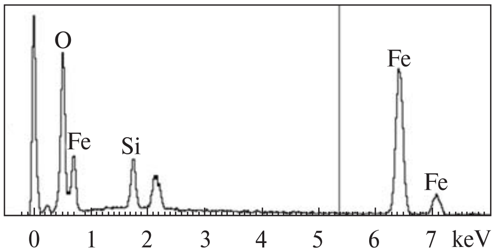


Рис. 5. Фрагмент кварцевого прошарку залізистого кварциту. Пилоподібні включення у кварці представлені ідіоморфними мікрокристалами магнетиту. РЕМ, РМА

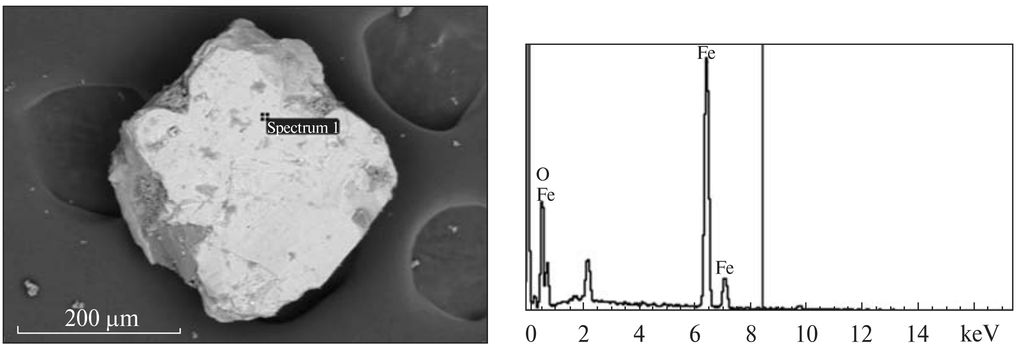
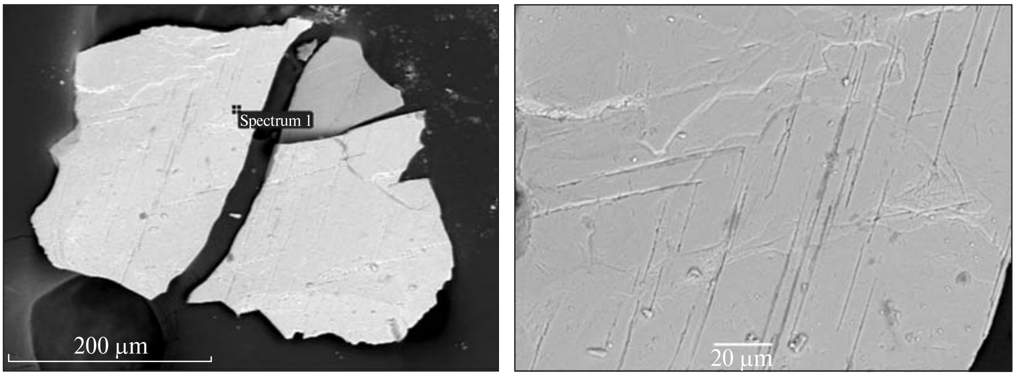


Рис. 6. Зерно терригенного магнетиту в магнітній фракції аллювию р. Інгулець. РЕМ, РМА

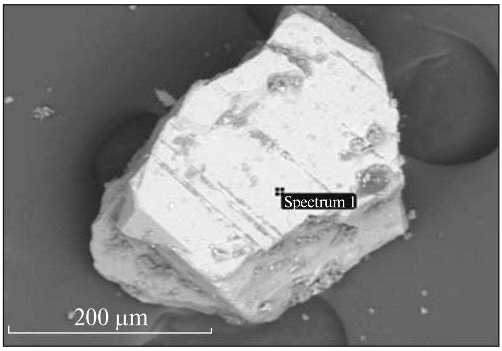
Уламки залізистих кварцитів кутасті або частково обкатані. Складені рівномірнозернистим або порфіробластовим кварцем, магнетитом, гематитом. Гіпідіоморфні кристали оксидів заліза розміщені по периферії кварцевих зерен (рис. 4) або утворюють пилоподібні розсіяні вкраплення у фрагментах кварцевих прошарків залізистого кварциту (рис. 5).

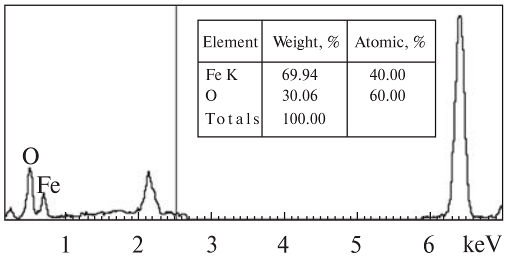
Мономінеральні кристалокласти домінують у найбільш тонкозернистих (алевритових і глинисто-алевритових) прошарках осаду. Оксиди заліза в них представлені магнетитом, гематитом, гетитом (рис. 6—8). Раніше було визначено також вюстит і металеве залізо у складі часток металургійного шлаку [3].

В алювії Інгульця постійно містяться гетит, лепідокрокіт, гідрогематит і гідрогетит. Їх уламкові зерна містять релікти магнетиту, мартиту та інших мінералів кори вивітрювання порід і руд Кривбасу. Аутигенні (річкові) стяжіння



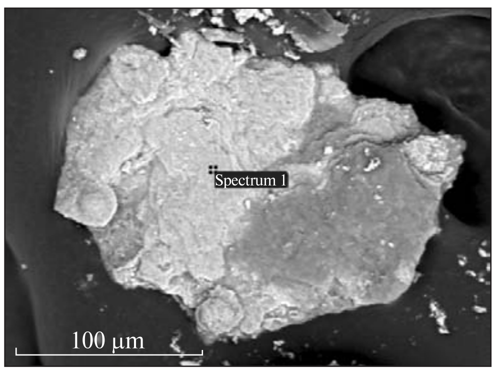
а





б

Рис. 7. Гематит у вигляді: *а* — лускуватого кристалокласту залізної слюдки з штриховкою і шарами наростання на гранях пінакоїда; *б* — ізометричного уламкового зерна, утвореного в результаті руйнування пластинчатого кристалу залізної слюдки. Алювій р. Інгулець в районі б. Грушувата. РЕМ, РМА



Element	Weight, %	Atomic, %
O K	51.44	73.35
Mg K	0.62	0.58
Al K	6.60	5.58
Si K	8.90	7.23
Fe K	32.44	13.25
Totals	100.00	

б

Рис. 8. Гідроксиди заліза в донних осадах: *а* — луски дрібнозернистих агрегатів з реліктами магнетиту, утворені на поверхні первинних мінералів заліза; *б* — натічні агрегати аутигенних гидроксидів заліза, алюмінію та інших елементів (лімоніт). Магнітна фракція алювію р. Інгулець: *а* — біля м. Снігурівка, бінокуляр, збільшення 15; *б* — м. Кривий Ріг, РЕМ, РМА

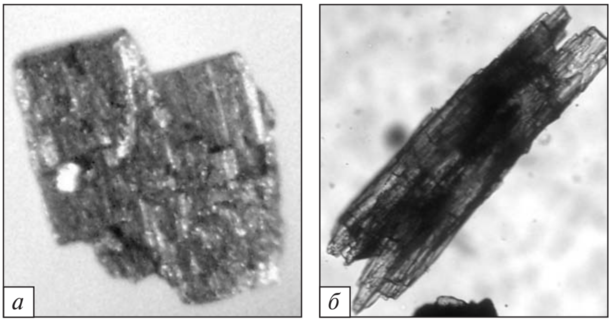
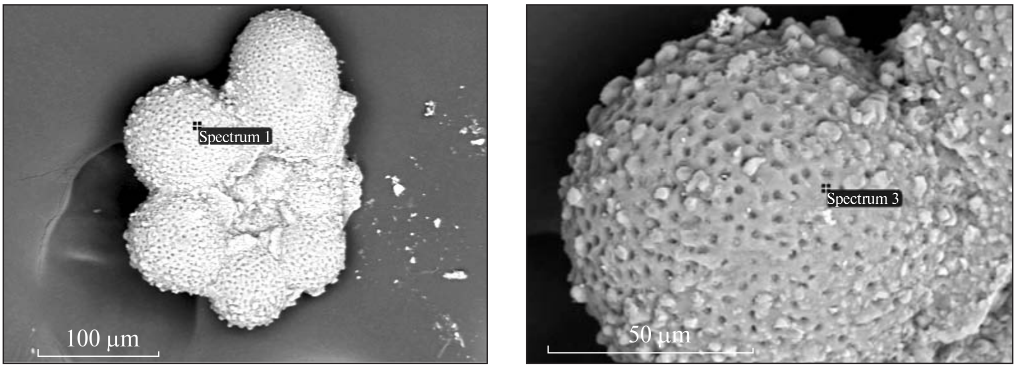


Рис. 9. Пірит (*а*) та глаукофан (*б*) з алювію р. Інгулець: *а* — бінокуляр (зб. 130), *б* — петрографічний мікроскоп, імерсія, ніколі паралельні (зб. 320). За даними роботи [7]



Element	Weight, %	Atomic, %	Compd, %	Formula
C K	20.66	28.52	75.69	CO_2
Al K	0.24	0.15	0.45	Al_2O_3
Ca K	16.65	6.89	23.29	CaO
Fe K	0.39	0.12	0.56	Fe_2O_3
O	62.06	64.33		
Totals	100.00			

Рис. 10. Мушлі сучасних форамініфер з техногенно забрудненого алювію р. Інгулець. РЕМ, РМА

гідроксидів заліза збагачені також глиноземом, кремнеземом та іншими сполуками річкового осаду (рис. 8).

На відміну від кори вивітрювання порід Криворізької серії, оксиди заліза у складі алювію в дослідженій ділянці Інгульця не мають ознак розчинення і заміщення гідроксидами та гідросилікатами заліза. За даними роботи [6], з ними асоціюють також незмінені сульфіди і навіть лужні алюмосилікати (рис. 9).

Присутність у річковому осаді сульфідів, лужних силікатів та інших досить нестійких мінералів не може бути зумовленою перенесенням їх з кори вивітрювання порід залізисто-кременистої формації. Вони є додатковим свідченням постійного надходження до річки поточних відходів збагачення ГЗК.

Досліджені ділянки Інгульця майже не містять органічних залишків. Виявлено лише незначну присутність кальцитових (арагонітових?) мушель сучасних форамініфер (рис. 10).

Виконаними раніше дослідженнями встановлено, що використання комплексного гравітаційно-магнітного збагачення донних відкладів Інгульця забезпечує виробництво залізорудного концентрату [10, 11]. Дрібнозернисті відміни осаду містять оксиди заліза, звільнені від зростків з нерудними мінералами, і можуть збагачуватися без подрібнення. Лускуваті кристали залізної слюдки в динамічних умовах водного потоку розтріскуються по тріщинках уздовж комбінаційної штриховки на пінакоідальних гранях. Це призводить до утворення схожих на магнетит ізометричних уламків і підвищує ефективність гравітаційної сепарації осаду. Псаміто-псефітові відміни алювію підлягають подрібненню до класу менше 50 мкм з подальшим збагаченням комплексними магнітно-гравітаційними методами.

Обговорення та висновки

Сучасні донні осади річкової мережі формуються з мінералів природного та промислового походження. Потік рудних мінералів із кори вивітрювання підсилився надходженнями їх із хвосто- і шламосховищ, шлакових відвалів тощо. У результаті гравітаційної диференціації вміст важких мінералів в окремих ділянках річища підвищився до рівня, що дозволяє виробництво відповідних концентратів.

Внаслідок промислового виробництва та урбанізації водозбірної площі відбулися докорінні зміни річкової мережі. Змінився природний рельєф долини і швидкість течії, зменшилося різноманіття біоценозу, за мінеральним складом алювій став відповідним відходам видобутку, збагачення та переробки руд.

Виконані дослідження свідчать про полігенне (природно-техногенне) формування підвищених концентрацій важких мінералів та можливість комплексного використання сучасних річкових відкладів, одночасно з поліпшенням стану довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Випна М.В., Іванченко В.В.* Геохімічна спеціалізація донних відкладів рік центральної та південної України // Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии : Сб. докл. Международ. науч. конф. (Киев, 1—2 июля 2014). — К. :, 2014. — С. 6—7.
2. *Випна М.В., Іванченко В.В.* Літологія і можливості використання алювію річок України // Сталий розвиток промисловості у суспільстві : Міжнарод. наук.-техн. конф. (Кривий Ріг, 22—25 жовтня 2014 р.). — Кривий Ріг, 2014. — С. 77.
3. *Іванченко В.В., Журавель Н.Р., Бобко А.О.* Мінеральний та петрографічний склад донних осадків р. Інгулець як індикатор забруднення екологічного середовища // Проблеми екології та екологічної освіти: Матеріали VII Міжнарод. наук.-практ. конф. — Кривий Ріг : Україна, 2008. — С. 49—52.
4. *Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др.* Минералогия Криворожского бассейна. — К. : Наук. думка, 1977. — 542 с.
5. *Малахов И.Н.* Новая геологическая сила. Серия: Геологическая среда антропогенной экосистемы. — Кривой Рог : Украина, 2009. —312 с.
6. *Малахов І.М., Альохіна Т.М., Бобко А.О., Іванченко В.В.* Фактори формування складу сучасних донних осадів р. Інгулець // Геол. журн. — 2010. — № 3. — С. 69—74.
7. *Малахов І.М., Альохіна Т.М. Іванченко В.В. та ін.* Методологічні питання вивчення трансформації геологічного середовища у гірничо-видобувних регіонах. — Кривий Ріг : Октант-принт, 2011. — 172 с.
8. *Нотаров В.Д.* Гидрогеологическое районирование Криворожского бассейна // Труды НИГРИ. Вып. 4. — М. : ГосНТИ, 1960. — 84 с.
9. *Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В.* Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. — К. : Ніка-центр, 2012. — 180 с.

10. *Чугунов Ю.Д., Иванченко В.В.* Эффективная технология обогащения природных и техногенных руд // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке : Материалы 1-й Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 31 марта 2013 г.). — М., 2013. — С. 38—40.
11. *Belitska M.V.* Litology and technological features of sediment river Ingulets, polluted with wastes of industry in Krivey Rig basin (Ukraine). Proceedings of XVI Balkan mineral processing congress (Belgrade, Serbia, June 17—19, 2015). — II. — Belgrade, 2015. — P. 875—877.
12. https://uk.wikipedia.org/wiki/ Інгулець_(річка).

Стаття надійшла 17.10.2015

М.В. Белицкая

ТЕХНОГЕНННЫЕ ФАКТОРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ИНГУЛЕЦ

На примере реки Ингулец изучено влияние природных и техногенных факторов на формирование современных аллювиальных отложений. Установлено, что псефитовые разности осадка обогащены щебнем вскрышных пород железорудных карьеров, псаммитовые — отходами обогащения и металлургического передела железных руд. Комплексное поступление рудных минералов из коры выветривания пород и руд железисто-кремнистой формации и промышленных предприятий обусловливает формирование природно-техногенных россыпей тяжелых минералов. Присутствие в аллювии минеральных парагенезисов и ассоциаций промышленного происхождения служит индикатором существенных изменений экологии речной сети и окружающей среды в целом.

Ключевые слова: *река Ингулец, аллювий, гематит, магнетит, гетит, обогащение полезных ископаемых, железорудный концентрат.*

M.V.Belitska

TECHNOGEN FACTORS OF TRANSFORMATION OF THE NATURAL CONDITION OF THE INGULETS RIVER

On the example of the river Ingulets studied the influence of natural and anthropogenic factors on the formation of modern alluvial deposits. Coarse sediment enriched by gravel of overburden of quarries, fine-grained sediment — by waste products of the separation and metallurgical processing of iron ore. Integration of ore minerals from the weathering crust of rocks and ores of ferruginous-siliceous sediments and industrial enterprises results in the formation of natural and man-made heavy minerals placer deposits. Presence in the alluvium of mineral parageneses and associations of industrial origin is an indication of significant changes in the ecology of the river network and the environment in general.

Key words: *river Ingulets, alluvium, hematite, magnetite, goethite, mineral processing, iron ore concentrate.*