

УДК 551.35+551.312.3

А.А. Бобко¹, В.В. Иванченко¹, И.Н. Малахов¹

О ВЛИЯНИИ ТЕХНОГЕННОГО ТВЕРДОГО СТОКА РЕК НА ПРОЦЕССЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ДНЕПРО-БУГСКОМ ЛИМАНЕ

Рассмотрен вопрос о влиянии современных изменений в гидрологическом режиме стоков Днепра и Ингульца на минеральное разнообразие донных осадков в Днепро-Бугском лимане. Показано, что техногенные и техногенно преобразованные минералы, образующиеся при обогащении и переработке железных руд Кривого Рога, не попадают в низовье Днепра и Днепро-Бугский лиман с водами Ингульца, а образуют техногенные россыпи гематит-магнетитового состава в южной части Криворожского бассейна. Вследствие уменьшения твердого стока рек в низовьях Днепра, в лимане усиливаются эрозионные процессы и происходит переотложение ильменит-рутил-цирконовых россыпей.

Введение

В работах Иноземцева Ю.И., Котловской Ф.И., Лисицына А.П., Маслакова Н.А., Митропольского А.Ю., Наседкина Е.И., Шнюкова Е.Ф. и др. [1–3, 5, 6, 8–10] установлено, что одним из главных факторов, обуславливающих разнообразие минерального состава осадков прибойной и шельфовой зоны Днепро-Бугского лимана является транспортирующая роль Днепра и Буга, в формирование стока которых значительный вклад вносят их притоки — Ингулец, Ингул, Саксагань, Висунь.

Русла этих рек пересекают Криворожский железорудный бассейн. Поэтому представляет интерес оценка влияния техногенных процессов в геологической среде Кривбасса на динамику и минеральный состав шельфовых отложений Северного Черноморья. Влияние Ингульца, самого большого правого притока Днепра в нижней, незарегулированной части, на осадконакопление в Днепро-Бугском лимане обусловлено несколькими причинами:

а) естественный гидродинамический режим Днепра нарушен каскадами водохранилищ и другими гидротехническими сооружениями. Ежегодно от 20 до 45 млн т терригенного материала не достигают шельфа и Днепро-Бугского лимана. По данным Б.И. Новикова в днепровских водохранилищах аккумулируется от 75,2 (Каневское) до 99,5 (Каховское) процентов твердого стока. В сумме — около 40 млн т в год [7];

б) природный сток Ингульца существенно зависит от сбросов предприятий горно-металлургического комплекса Криворожского железно-

г А.А.Бобко¹, В.В. Иванченко¹, И.Н.Малахов¹.

¹ Отделение морской геологии и осадочного рудобразования ННПМ НАН Украины.

рудного бассейна. В декабре–январе в районе Кривого Рога происходят регулярные залповые сбросы 15–18 млн м³ шахтных и отстоя шламовых вод с минерализацией 6–8 г/л. За сбросом соленых вод происходит промывка русла пресными водами, как правило, в двойном объеме (28–30 млн м³) [4];

в) весенне-летний полив рисовых полей в низовьях Ингульца резко снизил объем летнего стока. Кроме того, на участке Садовое (устье реки) — Снигиревка (120 км) весной и летом действует “антирека”: воды Ингульца и Днепра от устья двигаются вспять на 80–120 км. Такого рода деятельность человека может повлиять на ход природных геологических процессов в Днепро-Бугском лимане.

Проблема, индикатор, объект

Исследованиями Шнюкова Е.Ф., Иноземцева Ю.И., Маслакова Н.А., Котловской Ф.И. [8, 10] установлена связь пород Украинского щита с россыпями северо-западного побережья Черного моря. Изотопный возраст монацита из россыпей определен в 2,2 млрд лет, что соответствует возрасту пород Украинского щита. Согласно схематической карте терригенно-минералогических провинций Черного моря, Днепро-Бугский лиман относится к гранат-циркон-ильменитовой провинции. В составе пород Криворожского бассейна среди рудных минералов доминируют магнетит и гематит. Данные минералы имеют большой удельный вес и являются россыщеобразующими. Пример таких магнетитовых россыпных проявлений как Анапское, Чорох-Рионское, Бургасское [11] позволяет надеяться на нахождение подобных в районе разгрузки рек, пересекающих Криворожский бассейн.

В настоящей статье, в качестве *индикатора* возможных проявлений техногенеза принят минеральный состав терригенного материала, поступающего в лиман.

Объектом исследований послужили донные и береговые отложения на западном берегу Кинбурнской косы и в реке Ингулец в районе Кривого Рога и при впадении в Днепр.

Современные отложения Днепро-Бугского лимана исследованы в средней части западного берега Кинбурнской косы, от с. Покровское до с. Збурьевка (около 12 км).

Отобрано 8 проб песка в прибойной, пляжной и абразионной частях берега, а также в шурфах. Прибрежная зона сложена средне- и мелкозернистым, светложелтым песком, с примесью суглинка до 20%. В прибойной зоне практически непрерывно, на протяжении 5–6 км, начиная от 3 км севернее с. Покровское и до южной околицы с. Героевское (Прогнои) отмечен прослой темнофиолетового цвета с лиловым оттенком, шириной от 10 до 30 см. В отложениях косы отмеченные прослойки встречаются повсеместно в береговом обрыве на высоте над уровнем лимана до 0,8 м, в шурфах, на мелководье на расстоянии 3–5 м от берега. Первичное полевое наблюдение объясняло цвет значительным присутствием гранатов — до 30%. Шлиховой метод исследования песков показал присутствие в них до 15–17% тяжелой темноцветной фракции. При этом в магнитную фракцию переходит около 1% пробы.

Гранулометрический состав проб кварцевых песков достаточно однороден. Около 98% составляет фракция >0,5–0,315 мм. Фракция меньше 0,25 составляет 1,38%. На остальные приходится не более 0,62%. Под микроскопом в отобранных пробах выявлены минералы, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Петрографический и минеральный состав современных отложений Днепр-Бугского лимана (Кинбурнская коса)

Компоненты осадка	Содержание, (объемные %)	Компоненты осадка	Содержание, (объемные %)
<i>горные породы:</i>		турмалин	1
метапесчаники и кварциты	1	ставролит	6
катаклазиты	1	андалузит	2
		дистен	зн.
<i>минералы:</i>		роговая обманка	зн.
кварц	26	эпидот	1
гранат	30	апатит	зн.
ильменит	28	монацит	зн.
лейкоксен	3	ортит	зн.
рутил	1	берилл	зн.
магнетит	зн.	микроклин	зн.
гетит	зн.	плагиоклаз	зн.
ВСЕГО			100

Как видно из таблицы 1, в песчаных отложениях Кинбурнской косы доминируют раскрытые минеральные частицы, а редкие сростки представлены обломками метаморфических пород. Среди минералов преобладают гранат, ильменит и кварц. В заметных количествах присутствуют также ставролит, андалузит, турмалин и эпидот. Минеральные зерна, как правило, хорошо окатаны (рис. 1).

Минеральный состав современных отложений р. Ингулец изучен в двух профилях, пройденных по дну реки в южной части Кривого Рога, ниже сбросов горных и металлургических предприятий, и на участке впадения реки в Днепр. Влияние материала, произведенного горными и металлургическими предприятиями, на формирование русловых отложений реки наиболее ярко проявлено в районе балки Грушеватой (южная часть Криворожского бассейна). Гранулометрический состав осадка представлен на диаграмме (рис. 2.)

В классе крупностью >10–1 мм доминируют породы и бедные руды железисто-кремнистой формации (рис. 3). Угловатые частицы преобладают над окатанными, за исключением мелкогравийных сланцевых зерен. Рудные минералы в них представлены в основном магнетитом, слабо затронутым мартитизацией. Это обусловило значительный, до 56,5 мас. % выход



Рис. 1. Кварц (1), гранат (2), ильменит (3) и ставролит (4) в песках Кинбурнской косы.
(Прозрачный иллит. Николи параллельны. Увел. 90^x)

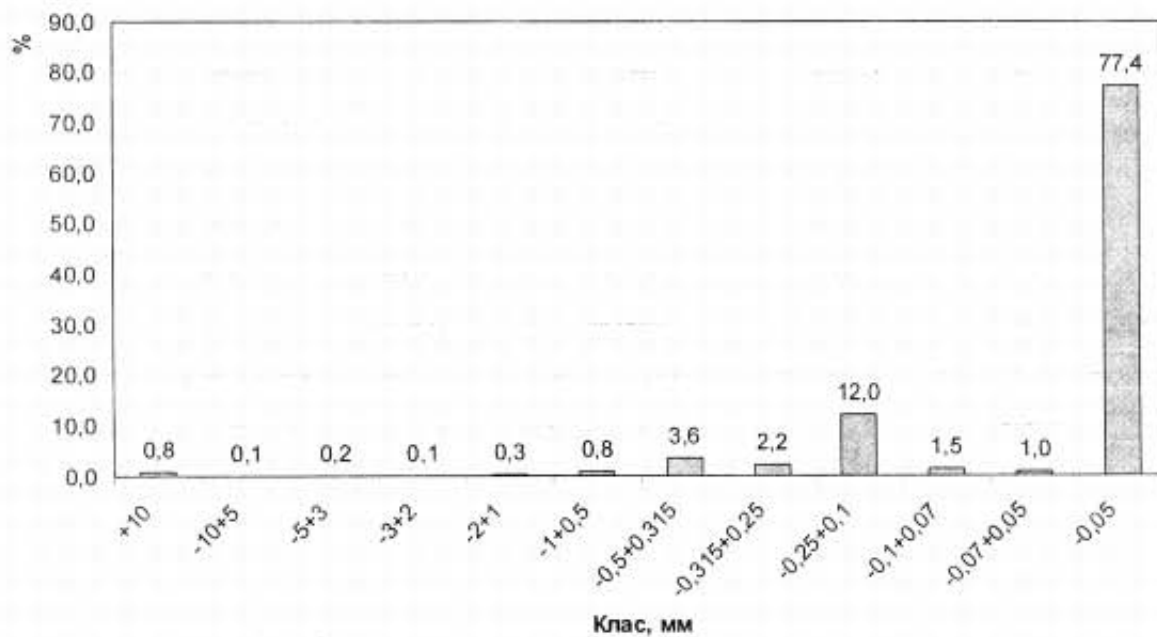


Рис. 2. Гранулометрический состав донных отложений р. Ингулец в южной части Криворожского бассейна (балка Грушеватая)

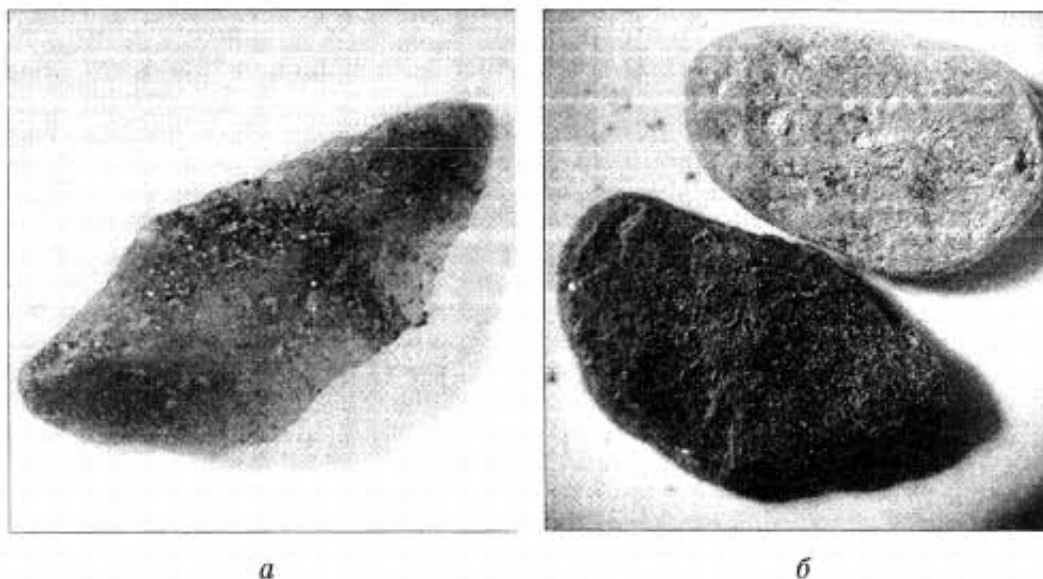


Рис. 3. Угловатая частица некондиционного магнетитового кварцита (а); скругленные зерна хлоритового (темно-серое) и талькового (светло-серое) сланцев (б) Бинокля. Увел. 5^x

магнитной фракции. Однако общее содержание железа невелико, поскольку частицы представлены в основном бедными магнетит-кварцевыми сростками.

В классе крупностью 1–0,1 мм присутствуют как полиминеральные агрегаты, так и раскрытые мономинеральные зерна, представленные магнетитом, реже кварцем и гематитом. Выход магнитной фракции увеличился до 65,8 мас. % (в классе >0,25–0,1 мм до 82 мас. %).

В классе крупностью <0,1 мм доминируют мономинеральные частицы. Преобладает кварц, менее распространен магнетит. Зерна гематита и гетита встречаются реже. Характерной примесью является пирит в виде угловатых зерен, реже яркожелтых с сильным блеском, не затронутых лимонитизацией идиоморфных кристаллов кубического или пентагон-додекаэдрического габитуса. Выход магнитной фракции составляет 43,6 мас. %.

В отложениях р. Ингулец зерна магнетита, мартита, кварца, а также их сростков в основном угловатые, занозистые. По морфологическим особенностям, гранулометрическому и минеральному составу они соответствуют продуктам обогащения магнетитовых кварцитов горно-обогатительных комбинатов Кривого Рога.

В тонкозернистых классах осадка обнаружены экзотические компоненты, происхождение которых связано с деятельностью Криворожского металлургического комбината: зерна шлака, обломки огнеупоров, рудные (магнитные) и силикатные шарики, иглы и шипы, частицы обмасленных шламов, чешуйки графита и др. (рис. 4).

Петрографический и минеральный состав донных отложений реки Ингулец в южном районе Криворожского бассейна (балка Грушеватая) приведены в табл. 2. Ниже по течению реки содержание техногенного и техногенно переработанного материала снижается. Его диагностика, вследствие незначительного содержания, становится проблематичной.

Таблица 2
Петрографический и минеральный состав донных отложений реки Ингулец в южном районе Криворожского бассейна
(балка Грушеватая)

Компоненты осадка	Содержание, объемн. %	Компоненты осадка	Содержание, объемн. %	Компоненты осадка	Содержание, объемн. %
<i>Техногенно непрерываботанные руды и горные породы:</i>		пирротин	зн.	опал, халцедон	зн.
кварцит железистый	41	кварц	24	кальцит	зн.
кварцит слюдястый	2	плагиоклаз	зн.	сидерит	зн.
гетит-мартитовая руда	зн.	биотит	зн.	гипс	зн.
сланцы	3	куммингтонит	зн.		
песчаники	зн.	гранат	зн.	<i>техногенный материал:</i>	
известняк биогенный	5	ильменит	зн.	шлак металлургический	зн.
		рутил	зн.	обломки огнеупоров	зн.
<i>минералы:</i>		лейкоксен	зн.	металлургическая пыль	зн.
магнетит	20	ширкон	зн.	силикатное стекло	зн.
гематит	3	апатит	зн.	графит металлургический	зн.
гетит	2	эпидот	зн.	обмасленный шлам	зн.
пирит	зн.	хлорит	зн.	каменный уголь	зн.
		ВСЕГО			100

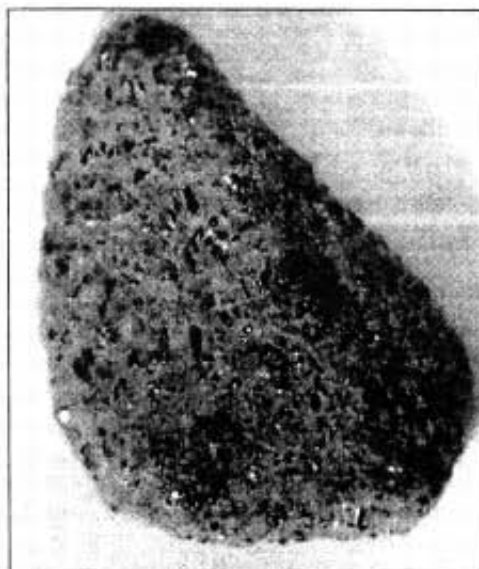


Рис. 4. Частицы пористого металлургического шлака и огнеупора в донных отложениях р. Ингулец (южный район Кривбасса). Бинокляр. Увел. 5^X

В пробах, отобранных на 0,7–1,2 км ниже впадения Ингульца в Днепр (с. Садове), рудные минералы (магнетит, гематит, мартит, гидроксиды железа) наблюдаются лишь в отдельных знаках, в виде пылеватых частиц, класса меньше 0,05 мм. Техногенно переработаны нерудные минералы представлены: остроугольным кварцем, сростками кварца с магнетитом, амфиболами. Природные осадки состоят из органических и глинистых частиц, хорошо окатанного кварца и силикатов (около 1%), карбонатов (1–1,5%). Диаграмма, отражающая гранулометрический состав пробы представлена на рис. 5.

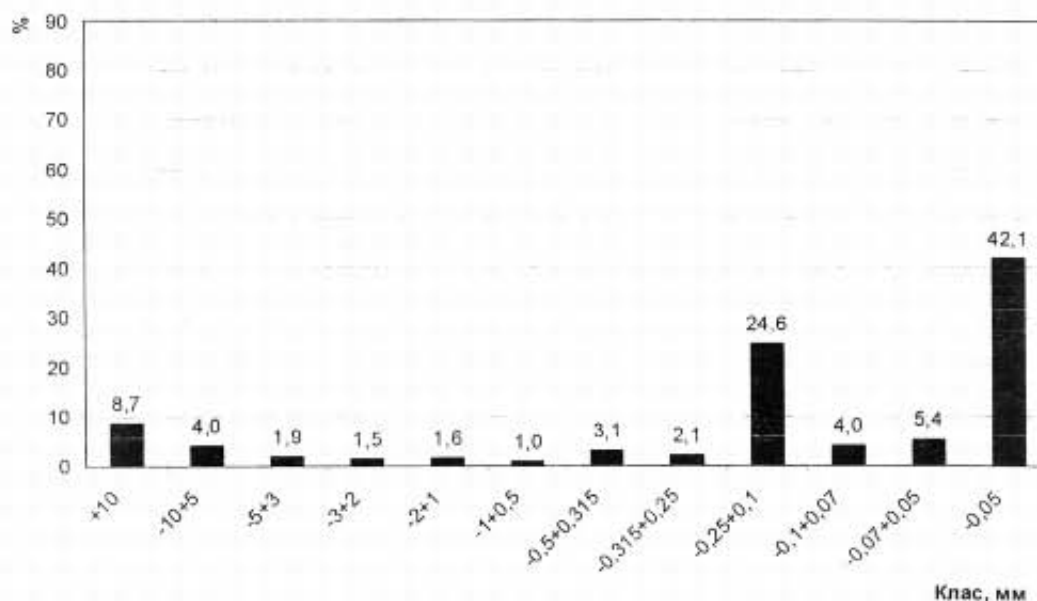


Рис. 5. Гранулометрический состав донных отложений ниже Ингулецкого лимана (с. Садове)

Обсуждение результатов исследования

В отложениях участка р. Ингулец на юге Криворожского железорудного бассейна прослеживаются три группы компонентов: 1) природные, 2) техногенно переработанные, 3) техногенные (см. табл. 2).

Природный материал происходит из кор выветривания кайнозойских осадочных и протерозойских пород железисто-кремнистой формации. Он представлен гравием и дресвой известняков, песчаников, гематитовых и гетит-гематитовых кварцитов, окатанными зернами кварца и слюдистых кварцитов.

Техногенно переработанный природный материал в значительных объемах поступает из шламохранилищ и территории горнообогатительных комбинатов. Характерными признаками его являются угловатые магнетит-кварцевые сростки, раскрытые зерна магнетита, кварца, неизменный пирит, а также большой выход магнитного продукта при магнитной сепарации осадка.

Техногенные компоненты осадка представлены зернами металлургического шлака, шлама, огнеупоров, чешуйками графита, магнитными и силикатными шариками.

Отмеченными выше техногенно переработанными и техногенными минеральными компонентами засорена вся территория Криворожского бассейна. В реку Ингулец они поступают из воздушного бассейна, с ливневыми водами с прилегающих дорог, дамб и других сооружений. Соотношение отмеченных компонентов в осадке, оценочно, составляет: природного — $\approx 30\%$, техногенно переработанного — $\approx 70,0\%$, техногенного — $< 1,0\%$.

Ниже устья Ингульца в пробах практически не обнаружено техногенных и техногенно переработанных минералов в количествах, которые говорили бы о переносе в твердом стоке реки техногенного материала из района добычи и переработки железных руд. Гранулометрический состав проб характеризуется большим разнообразием по сравнению с пробами, взятыми у берегов Кинбурнской косы и на юге Кривбасса. В пробе в районе с. Садове более равномерное распределение материала по фракциям, представлен весь спектр от крупных обломков до глинистых частиц. Подобное разнообразие характерно для природных донных осадков в низовьях рек.

Пробы Кинбурнской косы на 98% представлены песчаной фракцией $> 0,5 - 0,315$ мм. На юге Кривбасса 90% материала представлено в двух классах: 12% в классе $0,25 - 0,1$ мм и 77,4% менее 0,05 мм, что характерно для хорошо отсортированного материала. Однако природа сортировки различна. Если для Кинбурнской косы речь может идти о зрелости терригенных отложений прибрежной полосы моря, то на особенности сортировки материала в Кривбассе оказали влияние техногенные процессы. В этом нетрудно убедиться, сравнивая данные минерального состава проб (см. табл. 1 и 2).

Анализ проб, взятых на пляжах Кинбурнской косы, позволяет отнести отложения в этой части Днепро-Бугского лимана к типу осадков, сформированных за счет размыва, переотложения и длительной сортировки при-

родного материала, поступающего из коры выветривания интрузивных и глубоко метаморфизованных горных пород. Минеральный состав проб подтверждает их близость к россыпям тяжелых минералов [11]. В пробах не обнаружены минералы, подобные тем, которые составляют основу донных осадков в реке Ингулец у балки Грушеватой (табл. 2).

Минеральный состав фиолетового песка может свидетельствовать о размыве россыпей, которые образовывались из пород Украинского щита. Размыв может быть обусловлен нарушениями в балансе поступления терригенного материала из низовий Днепра. Только за счет плотины Каховской ГЭС в Днепро-Бугский лиман не поступает ежегодно не менее 2×10^7 т твердого материала. Действия “антиреки” на Ингульце также способствует снижению выноса твердого вещества в низовья Днепра и далее в лиман. По нашим оценкам величина годового выноса могла бы составить не менее 10^6 т в год. В результате нарушения баланса поступления и переноса твердого материала в лимане усилились эрозионные процессы. В свою очередь это приводит к разрушению, диссипации и переотложению россыпей тяжелых минералов вследствие дефицита терригенного материала, поступающего из рек. В пользу такого предположения, кроме минерального состава, говорит и то обстоятельство, что в обнажениях отмеченный темно-фиолетовый материал находится на высоте 0,8 м над урезом воды. На дно и пляж он попадает вследствие размыва.

Выводы

В результате проведенных полевых исследований и сравнительного анализа гранулометрического и минерального состава проб донных осадков установлено:

— твердый сток, формирующийся в р. Ингулец под влиянием процессов разработки железных руд Кривого Рога, не оказывает ощутимого воздействия на процессы переноса и седиментации в Днепро-Бугском лимане;

— изменение режима водного и твердого стока в низовьях Днепра, по-видимому, влияет на современные процессы создания ильменит-рутил-цирконовых россыпей. Аккумуляция твердого стока рек в лимане имеет тенденцию к уменьшению, а эрозионные процессы и переотложение, напротив, усиливаются;

— в современную геологическую эпоху формируются россыпные рудопоявления гранат-ильменитового и ильменит-рутил-цирконового (в Днепро-Бугском лимане) и гематит-магнетитового состава (р. Ингулец на юге Криворожского бассейна);

— цель дальнейших исследований — установление современного баланса процессов накопления и переноса твердого стока рек и береговой эрозии в Днепро-Бугском лимане.

1. Геоэкология черноморского шельфа Украины / В.А. Емельянов, А.Ю. Митропольский, Е.И. Наседкин, А.А. Пасынков, Ю.Д. Степаняк, Е.Е. Шнюкова. — К.: Академперіодика, 2004. — 296 с.

2. Емельянов Е.М., Тримонис Э.С., Шимкус К.М. Железо, алюминий титан и марганец во взвеси Черного моря // Литология и полез. ископаемые.— 1975.— № 10.— С. 1499–1515.

3. Лисицын А.П., Лукашин В.Н., Гурвич Е.Г. и др. О соотношении выноса элементов реками и их накопление в донных осадках океанов // Геохимия.— 1982.— № 1.— С. 106–113.

4. Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі // Серія “Геологічне середовище антропогенної екосистеми”.— Кривий Ріг: Оксан-Прінт, 2003.— 252 с.

5. Митропольский А.Ю., Мороз С.А. Экология внутренних морей в условиях антропогенного стресса.— К.: Знання, 1989.— 12 с.

6. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Осикіна Н.П. Екогеохімія Чорного моря.— К., 2006.— 279 с.

7. Новиков Б.И. Донные отложения Днепровских водохранилищ.— К.: Наук Думка, 1985.— 172 с.

8. Шнюков Е.Ф., Котловская Ф.И. К вопросу об изотопном возрасте донных осадков северо-запада Черного моря // Мат-лы по минералогии, петрографии и геохимии осадоч. пород и руд, 1976.— Вып. 4.— С. 57–59.

9. Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Усенко В.П. Распределение тяжелых минералов в осадках Днепро-Бугского лимана // Осадочные породы и руды.— К.: Наук. Думка, 1978.— С. 32–41.

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.— К., 1999.— С. 238–244.

11. Шнюков Е.Ф., Зиборов А.Н. Минеральные богатства Черного моря.— К., 2005.— С. 145–154.

Розглянуто питання про вплив сучасних змін у гідрологічному режимі Дніпра й Інгульця на мінеральні розмаїття донних осадків у Дніпро-Бузькому лимані. Показано, що техногенні й техногенно перетворені мінерали, що утворюються під час збагачення та переробки залізних руд Кривого Рогу, не потрапляють до пониззя Дніпра і у Дніпро-Бузький лиман з водами Інгульця, а утворюють техногенні розсипи гематит-магнетитового складу у південній частині Криворізького басейну. Внаслідок зменшення твердого стоку річок в низов'ях Дніпра, у лимані підсилюються ерозійні процеси та відбувається перевідкладення ільменіт-рутил-цирконових розсипів.

The article considers the effect of change in the Dnipro and Ingulets flow regime on mineral association in the Dnipro-Bug estuary. Technogenic minerals formed in concentration of iron-ores and metallurgical junction aren't found in sediments of the estuary. They form technogenic hematite-magnetite placers in Ingulets, in south part of Kryvoy Rog iron ore basin. Reduce of the Lower Dnipro regimen activates erosional also re-sediment processes of ilmenite-rutile placers in the Dnipro-Bug estuary.