

## ЛІТОЛОГІЯ І ОСОБЛИВОСТІ СЕПАРАЦІЇ ПОЛІМІНЕРАЛЬНОГО АЛЮВІЮ, НА ПРИКЛАДІ РІЧОК УКРАЇНИ

Вивчено мінеральний склад, будову і технологічні властивості сучасного алювію з руслових та заплавних ділянок річок: Дніпро, Південний Буг, Інгул, Інгулець та їх приток. В алеврито-псамітових різновидах алювію у пригірлових ділянках річок виявлені підвищені концентрації важких мінералів: альмандину, ільменіту, циркону, монациту, в меншій мірі апатиту, рутилу, золота та інших. Встановлені техногенно забруднені ділянки річкових длин, пов'язані з діяльністю промислових підприємств, розташованих на водозбірній площі річок. Визначені особливості сучасного річкового седиментогенезу, що приводять до накопичення важких мінералів і можливості виробництва залізорудного, ільменітового, гранатового, монацитового і цирконового концентратів. Запропонована загальна методика сепарації та комплексного використання сучасних річкових осадів, збагачених важкими мінералами природного та індустріального походження. Вона враховує суттєві відміни природної і техногенної складових річкового алювію. Комплексне дослідження алювію річок України дозволяє визначити генезис зруденіння, надає необхідну інформацію технологічного характеру щодо можливості збагачення та видобування сировини, за умови покращення екологічного стану навколишнього середовища.

**Ключові слова:** алювій, літологія, мінералогія, електронна мікроскопія, седиментація, річки України, розсипи, суха сепарація.

**М.В. Беліцкая, В.В. Иванченко. ЛИТОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ СЕПАРАЦИИ ПОЛИМЕНЕРАЛЬНОГО АЛЮВИЯ, НА ПРИМЕРЕ РЕК УКРАИНЫ.** Изучено минеральный состав, строение и технологические свойства современного алювия рек: Днепр, Южный Буг, Ингул, Ингулец и их притоков. В алеврито-псаммитовых разновидностях алювия приустьевых участков рек выявлены повышенные концентрации тяжелых минералов: альмандина, ильменита, циркона, монацита, в меньшей мере апатита, рутила, золота и других. Установлены участки техногенного загрязнения речных долин, связанные с деятельностью промышленных предприятий, расположенных на водосборной площади рек. Определены особенности современного речного седиментогенеза, приводящие к накоплению тяжелых минералов и возможности производства железорудного, ильменитового, гранатового, монацитового и цирконового концентратов. Предложена общая методика сепарации и комплексного использования современных речных осадков, обогащенных тяжелыми минералами природного и индустриального происхождения. Она учитывает существенные отличия природной и техногенной компонент в составе алювия. Комплексное исследование алювия рек Украины позволяет определить генезис оруденения, предоставляет необходимую информацию технологического характера о возможности обогащения и добычи сырья, при условии улучшения экологического состояния окружающей среды.

**Ключевые слова:** аллювий, литология, минералогия, электронная микроскопия, седиментация, реки Украины, россыпи, сухое обогащение.

**Актуальність.** Річкова мережа є важливою складовою геологічного середовища, що зазнає в останній час суттєвих змін. Спорудження дамб, днопоглиблювальні роботи, вплив розташованих на водозбірній площі промислових підприємств та інші антропогенні фактори суттєво змінили літологію донних відкладів, їх хімічний та компонентний склад. Виникли додаткові умови для накопичень важких мінералів природного і природно-техногенного походження [2, 6, 8, 13, 17, 18, 25]. Різкий зріст впливу техногенних факторів на розвиток гідросистем, залучення річкових осадків у господарський обіг та пов'язані з цим масштабні зміни екологічного стану довкілля, обумовили необхідність розробки системного підходу до вивчення та раціонального використання накопиченого у річковій мережі України алювію.

**Аналіз попередніх публікацій.** Результати досліджень, наведені в роботах [3, 5, 8 та ін.], свідчать про полімінеральний характер річкових відкладів України. До складу важкої фракції алювію входять ільменіт, лейкоксен, ставроліт, дістен, сіліманіт, гранат, епідот, турмалін, циркон, рутил, апатит, магнетит, золото, алмаз та

інші мінерали. Легка фракція збагачена кальцитом, кварцом, польовими шпатами, вуглецевою речовиною та мулом (глиною) [5, 7, 16, 17]. В сучасних річкових відкладах різних континентів значного поширення набули також компоненти техногенного (індустріального та сільськогосподарського) походження. Їх присутність стала індикатором забруднення річок, яке набуло останнім часом глобального характеру [22 – 26 та ін.]. Значно менше уваги приділяється впливу природних і техногенних факторів на технологічні властивості алювію: фізико-механічні параметри, здатність збагачуватись різними методами, та можливості комплексного використання його без шкоди навколишньому середовищу. Висвітленню вказаних питань присвячена дана публікація.

**Проблема** практичного використання алювію річок України полягає у недостатньому вивченні та врахуванні змін, що сталися у сучасному геологічному середовищі, не визнанні річкового осаду як комплексного джерела полігенної мінеральної сировини для народного господарства.

**Мета роботи** – встановлення літолого-технологічних факторів економічно доцільної і екологічно безпечної сепарації і подальшого використання мінералів природного та індустріального походження що накопичуються в умовах сучасного річкового седиментогенезу.

**Об'єкти досліджень:** донні відклади річок України, для дослідження та лабораторної сепарації яких автори використали біля ста проб з руслових та заплавних ділянок річкових долин Дніпра, Південного Бугу, Інгулу, Інгульця та їх приток (рис. 1).

**Методи** аналізу проб: оптична та растрова електронна мікроскопія (РЕМ), мікросондовий аналіз (МЗА), літологічні і літолого-технологічні дослідження.

**Результати** польових і лабораторних робіт свідчать, що вивчені осади представлені голов-но пісками та алевритами. У верхів'ї річок в них збільшується вміст грубозернистого матеріалу (галька, гравій), а в пригірлових ділянках осаджується у великій кількості мул, збагачений органічними (здебільш рослинними) залишками. Легка фракція осаду складається голов-но з кварцу, карбонатів (включно органічні рештки), польових шпатів (рис. 2): в тонких класах переважає каолінит. Важка фракція містить альмандин, ільменіт, циркон, монацит, в меншій мірі апатит, рутил (рис. 3а-3г). Іноді зустрічається

золото, срібло, алмаз та інші мінерали [4, 15, 16]. У поверхневих ділянках алювіального розрізу мінерали заліза представлені гетитом, лепідокрокітом, гетитом. В нижній приплотиковій частині домінує магнетит, марказит, пірит. Розподіл мінералів закисного та окисного заліза контролюється ступенем насичення осаду киснем і є характерною рисою річок зі значними накопиченнями алювію, особливо тонко дисперсних різновидів: мулу, алевритів тощо [11].

Характерною рисою сучасних осадків досліджених річок України є незначна, але постійна присутність часток металевого заліза, бронзи (рис. 3д), металургійних шлаків, шлаків, вогнетривів, скляних і рудних куль – індикаторів техногенного забруднення природних ландшафтів [8, 14]. Більшість осадкоутворюючих мінералів (як природних, так і техногенних) використовуються у народному господарстві для видобутку чорних, кольорових, рідкісних та дорогоцінних металів, виробництва будівельних, абразивних, сільськогосподарського призначення матеріалів тощо.

За методикою комбінованої сухої сепарації, що охарактеризована в роботах [9, 10, 12], з досліджених річкових відкладів авторами виділені концентрати важких мінералів: гранату, ільменіту, монациту, мінералів заліза, а з відходів збагачення отримали чистий кварц, маршаліт, гіпс,

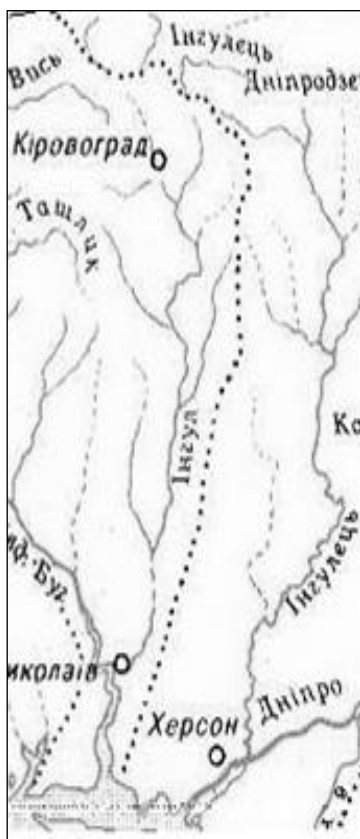


Рис. 1. Річкова мережа району досліджень

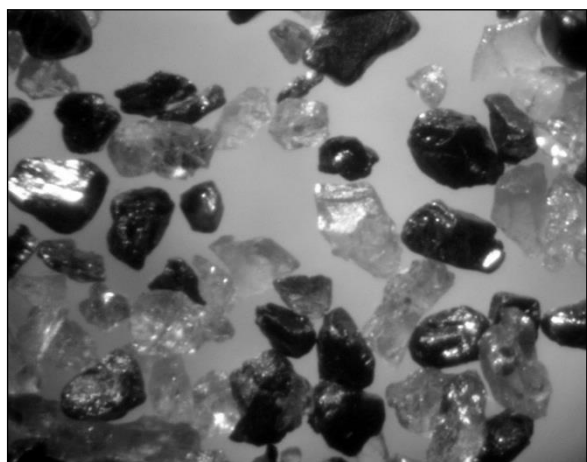


Рис. 2. Легка фракція донного осаду р. Інгулець. Бінокуляр, збільшення: 25<sup>x</sup>

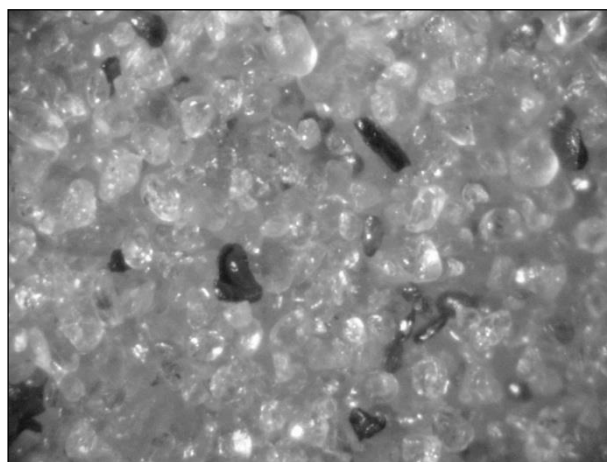
карбонати, глину. У пробах з переважно природними джерелами надходження мінеральних зерен на результати збагачення позитивно вплинуло відокремлення часточок рудних і нерудних мінералів осаду які не утворюють зростків. Загальна схема сепарації алювію, в якому перева-

жає природна мінеральна сировина, наведена на рис. 4а.

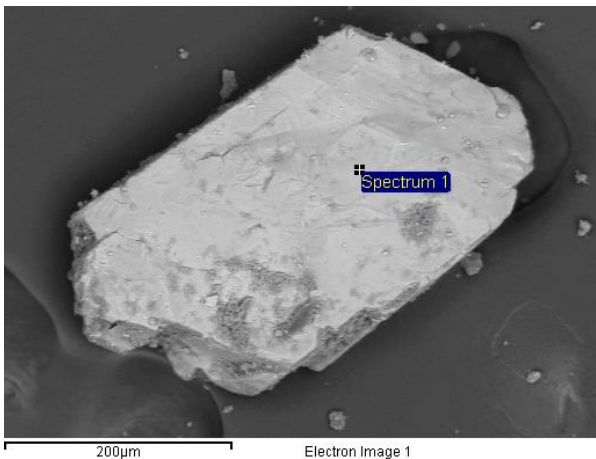
В ділянках річкової мережі з потужним промисловим навантаженням встановлено підвищений вміст техногенної компоненти алювію [14, 20, 21]. Річка Інгулець, що протікає тери-



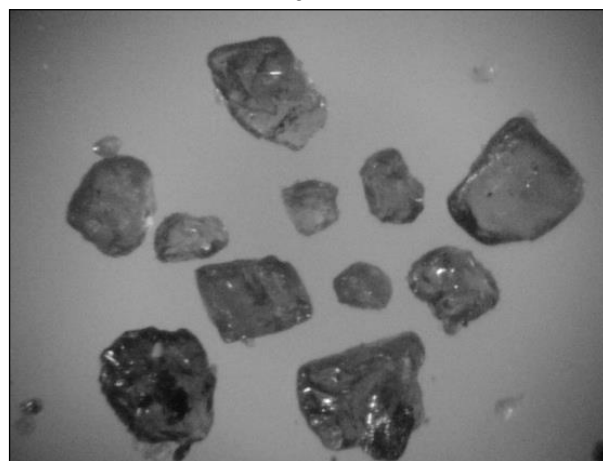
а



б

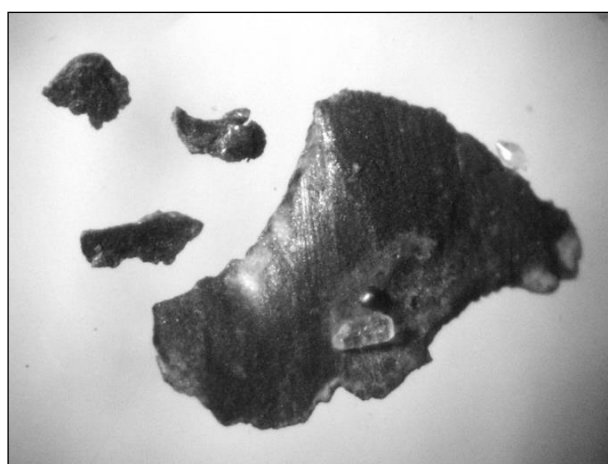


в



г

| Element | Weigh t% | Atomic % | Compd % | For- mula                      |
|---------|----------|----------|---------|--------------------------------|
| Fe K    | 69.94    | 40.00    | 100.00  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| O       | 30.06    | 60.00    |         |                                |
| Totals  | 100.00   |          |         |                                |



д

Рис. 3. Мінерали важкої фракції річкового осаду а – магнетит та ільменіт (чорне), альмандин (світло-сіре), р. Інгул, с. Розанівка; б – циркон (світло-сіре), рутил (темно-сіре), турмалін (сіре до чорного), р. Дніпро, с. Нова Збур'ївка; в – гематит (залізна слюдка), р. Інгулець, м. Кривий Ріг; г - монацит, р. Південний Буг, с Лимани; д – бронза, р. Дніпро, с. Львово. А, б, г, д – бінокуляр, збільшення: а – 110<sup>x</sup>; б – 80<sup>x</sup>; г – 120<sup>x</sup>; д – 50<sup>x</sup>; в – РЕМ, МЗА

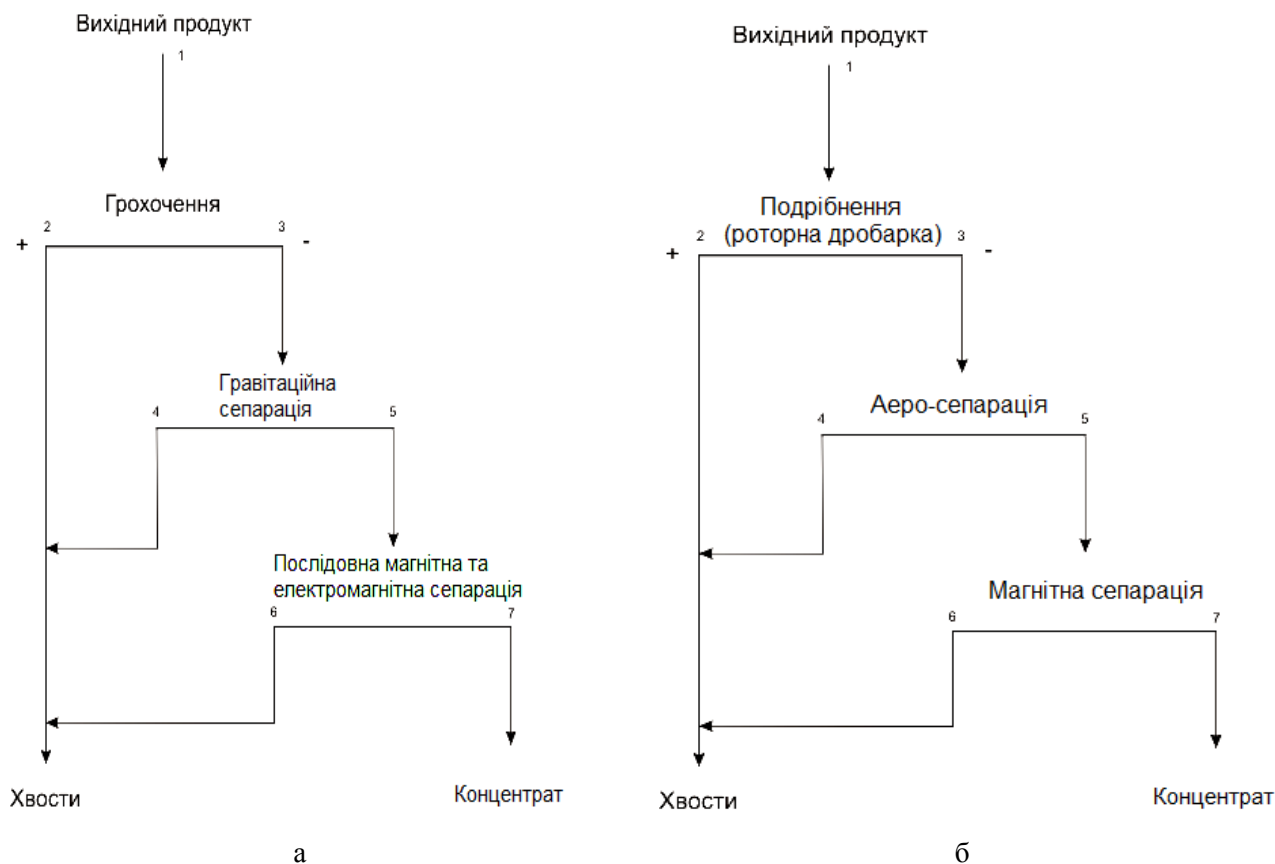
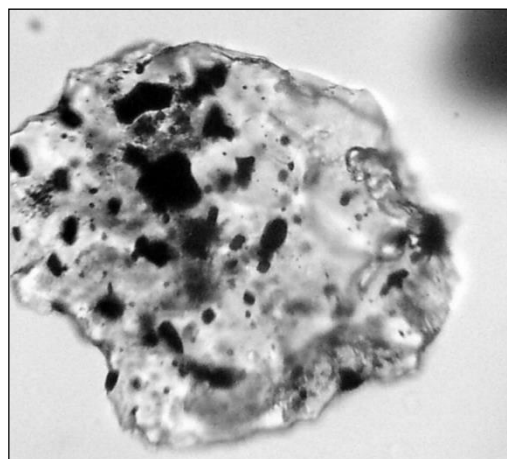


Рис. 4. Узагальнена схема комплексної гравітаційно-магнітної сепарації річкового алювію: а – природного; б – природно-техногенного



а



б

Рис. 5. Кутасті частки відходів збагачення магнетитових кварцитів у складі донного осаду р. Інгулець, с. Рахманівка. А – бінокуляр, збільшення – 25<sup>x</sup>; б – імерсія, збільшення 225<sup>x</sup>

торією Криворізького залізородного басейну, накопичує оксиди заліза з хвостів та інших продуктів збагачення залізистих кварцитів. В них значна кількість рудних мінералів знаходиться у зростках з кварцом, або всередині його індивідів (рис. 5). Тому збагачення даного осаду виконували з додатковим подрібненням продуктів магнітної сепарації, що забезпечило розкриття зрос-

тків та виділення залізородного концентрату (див. рис. 4б).

#### Обговорення результатів та висновки.

Донні осадки річок в межах району дослідження представляють собою неоднорідну гетерогенну систему. Природні фактори зумовили принципові зміни складу та будови алювіальних покладів від витoku до гирла річок. На розподіл і локалізацію мінералів в елементах рельєфу по-

верхневих водотоків впливають тектонічні, кліматичні та інші природні фактори [19, 22, 23]. Вони приводять до закономірного перерозподілу мінералів у річищах та локальних накопичень алювію олігоміктового, а іноді майже мономінерального складу. Такими є гранатові, ільменітові, цирконові, монацитові різновиди пісків, відомі у районі досліджень у вигляді відповідних рудопроявів [5].

Додаткові зміни осаду пов'язані з діяльністю розташованих на водозбірній території промислових підприємств, таких як шахти, кар'єри, металургійні та гірничо-збагачувальні комбінати тощо [1, 24]. Внаслідок техногенних чинників річковий осад набуває аномальних властивостей, наявність яких пояснюється лише присутністю неприродної складової. Вміст техногенних оксидів заліза з шлаків та шлаків металургійного виробництва є свідченням постійного надходження техногенного матеріалу до річкової мережі. Діагностика промислових відходів у складі річкового осаду допомагає з'ясувати речовинну форму переносу і локалізації, визначити обсяги забруднення і методи відновлення природного стану навколишнього середовища, у тому числі шля-

хом використання їх у якості додаткової сировинної бази підприємств чорної металургії [3].

Річкова седиментаційна диференціація природного і техногенного матеріалу, що транспортується потоком води принципово схожа. Але технологічні властивості природного і техногенно зміненого алювію суттєво відрізняються. Так, до електромагнітної фракції проб донних відкладів р. Південний Буг потрапляє альмандин, біотит, ільменіт, лейкоксен, монацит, гематит та інші слабомагнітні мінерали (рис. 6а). В пробах пляжних пісків р. Інгулець на південних околицях м. Кривий Ріг та ж фракція складається виключно з відходів збагачення залізистих кварцитів що містять кучасті часточки кварцу з численними включеннями магнетиту (рис. 6б). У першому випадку для одержання ільменітового, альмандинового і монацитового концентратів піски розділяли у повітряному вихровому потоці послідовно збільшуючи інтенсивність магнітного поля. У другому - додатково подрібнювали продукти магнітної сепарації, а потім знову розділяли (дочищали) їх у магнітному та гравітаційному полях.

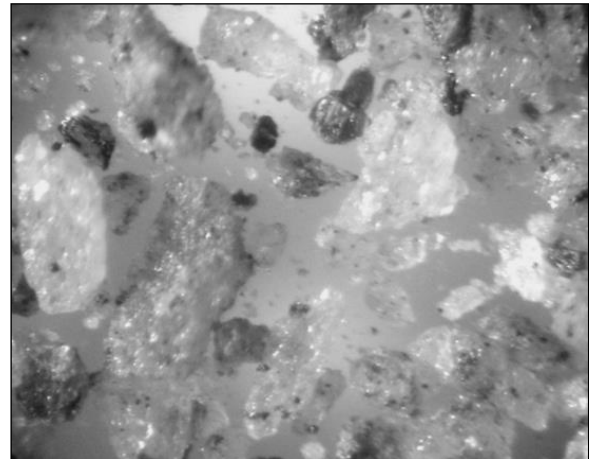
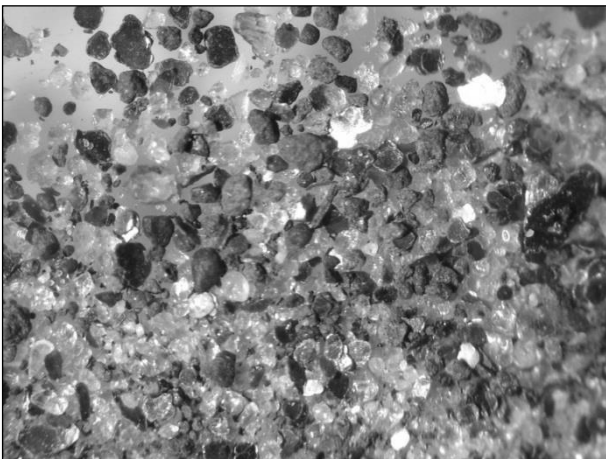


Рис. 6. Пляжний пісок річок: а – Інгул (у природному стані); б – Інгулець, що переважно складається з відходів збагачення залізистих кварцитів. Домінують кучасті частки кварцу з численними включеннями оксидів заліза. Біокуляр, збільшення: а – 40<sup>x</sup>; б – 100<sup>x</sup>

Отже, на фізико-механічні та технологічні властивості алювію суттєво впливають, крім мінерального складу, структурно-структурних особливостей, ще й співвідношення природних і техногенних компонентів та походження осаду в цілому. Врахування даної особливості допомагає ефективному збагаченню, переробці і широкому промислому використанню сучасних річкових відкладів. Вилучення з осаду окремих мінералів (оксидів та гідроксидів заліза, марганцю, шлакових та шламових зерен) сприятиме покращенню екологічного стану сучасного геологічного середовища, забрудненого техногенними відходами.

Це стосується, наприклад, річок Саксагань, Інгулець, Жовта, Інгул та інших, які протікають у промислово навантажених областях України.

Виконані дослідження свідчать про полігенне (природно-техногенне) формування підвищених концентрацій важких мінералів у складі річкового алювію. На території промислових центрів видобутку та переробки природних руд у річковому алювію містяться часточки шлаків, шлаків, вогнетривів тощо, які потрапляють з розташованих на водозбірній площі річок шламосховищ, хвостосховищ та відвалів. З метою раціонального використання мінеральної сировини і

збереження довкілля слід більш широко залучати до видобутку алювіальні відклади, застосовуючи сучасні методи дослідження і збагачення мінеральної сировини.

#### Література

1. Багрій І.Д. Геологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі [Текст] / І.Д. Багрій, П.В. Блінов, Н.А. Белокопитова. – К.: Фенікс. – Університетська книга, 2000. – 190 с.
2. Байсарович І.М. Базові поняття екологічної геології [Текст] / І.М. Байсарович, М.М. Коржнев, В.М. Шестопалов. – К.: «Обрій», 2008. – 122 с.
3. Літологія і можливості використання алювію річок України [Текст] / М.В. Випна, В.В. Іванченко / Матеріали міжнар. наук.-тех. конф. «Сталий розвиток промисловості у суспільстві», 22–25 жовтня 2014, м. Кривий Ріг. – Кривий Ріг: 2014. – 77 с.
4. Геохімічна спеціалізація донних відкладів рік центральної та південної України [Текст] / М.В. Випна, В.В. Іванченко / Сб. докладов междунар. науч. конф.: «Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии», 2 июля 2014, г. Киев. – Киев, 2014. – С. 6–7.
5. Геология шельфа УССР. Литология [Текст] / Е.Ф. Шнюков, В.И. Мельник, Ю.И. Иноземцев і др. – К.: Наукова думка, 1985. – 190 с.
6. Природные и антропогенные факторы формирования химического состава донных отложений озер Севера Фенноскандии [Текст] / С.С. Сандимиров, В.А. Даувальтер, Н.А. Кацулин / Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода, 12–17 сентября 2011, г. Анапты. – Т. 1. – С. 157–160.
7. Літологія та можливості комплексного використання сучасного алювію річки Дніпро [Текст] / В.В. Іванченко, М.В. Беліцька, І.В. Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського університету. – Т. 23(1), 2015 г. – С. 56–64.
8. Мінералогія донних відкладів річки Інгулець [Текст] / В.В. Іванченко, Н.Р. Журавель // Записки Українського мінералогічного товариства. – Т. 8, 2011 г. – С. 99–103.
9. Эффективная технология обогащения природных и техногенных руд / Ю.Д. Чугунов, В.В. Иванченко / «Материалы I Междунар. науч-практ. конф. «Актуальные проблемы современной науки в 21 веке», г. Москва, 31 марта 2013. – Москва, 2013. – С. 38–41.
10. Мобільний збагачувальний агрегат. Патент України на корисну модель № 83761. [Текст] / Ю.Д. Чугунов, В.В. Іванченко. – Опубл. 25.09.2013, Бюл. № 18.
11. Aller, R. C., Mackin, J. E., & Cox, R. T. (1986). Diagenesis of Fe and S in Amazon inner shelf muds: apparent dominance of Fe reduction and implications for the genesis of ironstones. *Continental Shelf Research*, 6(1), 263–289.
12. Chugunov Y, Ivanchenko V. Technology for enrichment and reprocessing of slag waste incineration plants. *Proceedings of XVI Balkan Mineral Processing Congress. Belgrade, Serbia, June 17–19, 2015.* – V. II. – P. 859–860.
13. Hrasna M. *Environmental Geology – the new branch of geologic sciences. Acta Geologica Iniv / Com., Bratislava, 1999.* – Nr. 54. – P. 66–68.
14. Ivanchenko V.V., Belitskaya M.V. and Ilyina A.S. Features of geochemistry and mineralogy of the modern river sedimentogenesis. 2015 Goldschmidt Conference, 16–21 August 2015, Prague, Czech Republic. – P. 1395.
15. Kovalchuk M.S. The morphology and chemical composition peculiarities of native gold from sedimentary complexes of Ukrainian // *Geological journal.* – 1999. – № 2. – С. 60–67.
16. Kovalchuk M.S. The morphological of gold from heteroaged sedimentary complexes of Ukrainian Carpathians // *Geologica Carpathica (Proceedings of the XVII. Congress of Carpathian–Balkan Geological Association. – Bratislava, September 1th–4 Th.2002).* – Vol. 53. –P. 2002.
17. Lokhande, R. S., Singare, P. U., & Pimple, D. S. (2011). Pollution in water of Kasardi River flowing along Taloja industrial area of Mumbai, India. *World Environment*, 1(1), 6–13.
18. Mohiuddin, K. M., Zakir, H. M., Otomo, K., Sharmin, S., & Shikazono, N. (2010). Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 7(1), 17–28.
19. Pan, B., Wu, G., Wang, Y., Liu, Z., & Guan, Q. (2001). Age and genesis of the Shagou River terraces in eastern Qilian Mountains. *Chinese Science Bulletin*, 46(6). – P. 509–513.
20. Sherstuk N.P. Evaluation of migration microelements in rivers water Saksagan and Ingulets. *Dnipropetrovsk University bulletin. Serias: Geology, geography.* 2015. – 23(1). – P. 144–152 (in Russian).
21. Singare, P.U., Lokhande, R.S., & Jagtap, A. G. (2010). Study of physico-chemical quality of the industrial waste water effluent from Gove industrial area of Bhiwandi City of Maharashtra, India. *Interdisciplinary Environmental Review.* 11(4)/ – P. 263–273.
22. Sklar, L. S., Dietrich, W. E. (2001). Sediment and rock strength controls on river incision into bedrock. *Geology*, 29(12). – P. 1087–1090.
23. Trimble, S. W. (1999). Decreased rates of alluvial sediment storage in the Coon Creek Basin, Wisconsin, 1975–93. *Science*, 285(5431), 1244–1246.
24. Wang, Mark, et al. Rural industries and water pollution in China. *Journal of Environmental Management*, 2008, 86.4: 648–659.
25. Yang, S.Y., Jung, H.S., Choi, M.S., & Li, C.X. (2002). The rare earth element compositions of the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) river sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 201(2). – P. 407–419.