УДК 549.502.553.3.622.1
DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2713.93.03

В. Іванченко[1], канд. геол.-мінералог. наук,
E-mail: vvivanchenko@ukr.net;
Л. Берьозкіна[1], асп.,
E-mail: lkurazyeyeva@gmail.com;
В. Стеценко[1,2], канд. геол. наук, доц.,
e-mail: stesenko-4@meta.ua;
Л. Ковальчук[1], канд. геол. наук, ст. наук. співроб.,
E-mail: nummulites66@gmail.com;
[1]ДНУ "Центр проблем морської геології, геоекології та осадового рудоутворення НАН України",
вул. Пушкіна, 37-г, м. Кривий Ріг, 50000, Україна;
[2]ДВНЗ "Криворізький національний університет",
вул. Пушкіна, 37, м. Кривий Ріг, 50000, Україна

АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ШЛІХОВОГО АНАЛІЗУ СУЧАСНИХ ДОННИХ ОСАДКІВ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Мінералогічний аналіз – один з ключових методів дослідження компонентного складу донних осадків поверхневих водойм. За його результатами здійснюється оцінка потенціалу території для господарського використання. Під час проведення шліхового мінералогічного аналізу за класичною схемою виникають втрати цінних мінералів на стадії відмулювання. Зерна важких мінералів у процесі транспортування водним потоком набувають складної морфологічної структури, стають тонкими, тріщинуватими, пористими і, як наслідок, більш пливучими. Тому в процесі підготовки проби до мінералогічного аналізу значна частина мінералів важкої фракції потрапляє в шламову частину, яка не береться до уваги. Запропонована авторами вдосконалена схема підготовки проби для дослідження дозволяє більш детально розглянути матеріал з урахуванням мулової частини, а відповідно й зменшити втрати цінних складових. Такий підхід підвищує якість проведеного аналізу та дозволяє комплексно вивчати склад донних осадків. Висновки зроблені на прикладі проб, відібраних на території України, зокрема з дна великих рік Чорноморського басейну, річок та балок Криворіжжя, малих річок Північного Приазов'я.

У ході проведення досліджень у всіх отриманих фракціях було виявлено не лише природні складові, а й полютанти, переважно у вигляді диспергованого пластику, синтетичних волокон, бітуму, відходів і продуктів діяльності металургійних підприємств. Мінералогічний аналіз, здійснений за такою розгорнутою методикою, відкриває перспективи для рентабельного використання спеціально розроблених методик для виділення цінних мінералів та компонентів з донних осадків і одночасно очистки природного матеріалу від шкідливих домішок. Отже, цей метод перетворюється ще й на екологічний інструмент та ключ до безвідходного використання природних ресурсів.

Ключові слова: донні осадки, мінералогічний аналіз, промисловий регіон, екологія.

Вступ і постановка проблеми. Шліховий аналіз широко використовують для вивчення донних осадків поверхневих водойм. З його допомогою визначають металогенічну і акцесорно-мінералогічну спеціалізацію регіону, джерела зносу рудних мінералів та ореоли їх розсіювання, потенціальну рудоносність осадових товщ, генезис та мінеральний склад руд, ступінь техногенного забруднення території *(Шнюков та Иноземцев, 1975; Karnaukhova, 2007; Mykhailov et al., 2013; Rapson, 1965)*. В Україні шліховий мінералогічний аналіз став одним з основних методів літологічних досліджень. Він виявив суттєву варіативність складу важкої фракції донних осадків природних і штучних водойм та значне забруднення їх промисловими відходами. Одночасно встановлено, що частина важких рудних і індикаторних мінералів втрачається з водним потоком під час відмивки "сірого шліху". Присутність у донному осаді продуктів техногенезу і втрати природних важких мінералів перешкоджають ефективному використанню шліхового методу, ускладнюють застосування гравітаційних методів збагачення розсипів. Тому **проблема підвищення ефективності шліхового методу** є актуальною для країн зі значним потенціалом родовищ розсипного типу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Класична схема підготовки шліхових проб включає відмулювання, відмивку "сірого шліху", розділення його у важких рідинах, виділення магнітної (МФ), електромагнітної (ЕМФ), неелектромагнітної (НЕМФ) і легкої (ЛФ) фракцій. Кількісний мінералогічний аналіз отриманих фракцій дозволяє розрахувати вміст мінералів осаду в грамах на тону (г/т) *(Захарова, 1960; Копченова, 1951)*. З цією метою застосовуються апарат комп'ютерного аналізу, оптико-математичні програми, рентгенофазові визначення і т. ін. У подальшому ця інформація використовується для вирішення різноманітних геологічних задач *(Шнюков та Иноземцев, 1975; Karnaukhova, 2007; Mykhailov et al., 2013; Yang et al., 2002)*.

Виділення невирішених раніше частин проблеми та формулювання цілей статті. Недоліком вказаного методу є втрата дрібних і морфологічно складних рудних зерен у глинистій фракції, що вимивається з осаду. Внаслідок цього вміст промислово важливих мінералів штучно занижується. Зменшуються площі виявлених ореолів розсіювання. Знижується ефективність пошукових робіт і вірогідність відкриття нових родовищ. Занижуються балансові запаси сировини в родовищах, які передаються в експлуатацію. Втрати зумовлені недооцінкою факторів накопичення тонких виділень золота, срібла, платини та інших металів. Проблема поглиблюється внаслідок використання застарілих методів сепарації розсипів і технологічного обладнання з низьким виходом корисного компоненту в концентрат та значними втратами супутніх більш рідкісних мінералів, оскільки вони переходять у відходи збагачення. Тому рентабельність виробництва основного концентрату знижується. Велика кількість не дуже багатих, але комплексних розсипів з цієї причини не відпрацьовується.

У промислово навантажених регіонах зростає забруднення алювію річок. Природні зрілі осади з їх точками мінералізації і розсипами важких мінералів перекрились сучасним змішаним природно-техногенним матеріалом, що докорінно змінив металогенічну і теригенно-мінералогічну спеціалізацію седименту континентальних і морських басейнів. В окремих ділянках річкових долин і морських пляжів спостерігається формування рудних грауваків і розсипів з підвищеним вмістом апріорної компоненти, часто шкідливої для рекреаційних зон *(Малахов та ін., 2011)*. Дані аспекти ще не знайшли відповідного висвітлення в літологічних дослідженнях сьогодення.

Важливе значення шліхового аналізу і достовірності його результатів приводить до необхідності удоскона-

© Іванченко В., Берьозкіна Л., Стеценко В., Ковальчук Л., 2021

лення класичної схеми, уніфікації і стандартизації окремих її операцій. Розвиток нових методів збагачення дозволяє економічно обґрунтованим способом використовувати комплексні розсипи з досить низьким вмістом окремих корисних мінералів. Виникає необхідність переоцінки і додаткового мінералогічного вивчення бідних руд та відходів збагачення на новому, більш якісному рівні. Автори на основі власного досвіду і літературних даних доповнили практику шліхового мінералогічного аналізу новими способами та ідеями.

Мета роботи: скоротити втрати важких мінералів за рахунок використання морфоседиментаційної диференціації на стадії підготовки проб, підвищити точність визначення вмісту корисних мінералів, дати кількісну інформацію про ступінь забруднення осаду і навколишнього геологічного середовища, запропонувати нові напрями комплексного використання донних відкладів.

Об'єкти досліджень: сучасні донні осадки річок (Дунай, Дніпро, Південний Буг, Інгул, Інгулець, Саксагань, Обитічна, Солона та ін.), прибережних ділянок Чорного і Азовського морів, а також постійних водотоків в балках, прилеглих до території гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) Кривого Рогу. Додатково використовували результати мінералогічного аналізу проб гірських порід, рудних концентратів, твердих і обводнених відходів промислових підприємств.

Методи досліджень. Підготовка проб до мінералогічного аналізу складається з послідовних операцій: дезінтеграція вихідного матеріалу; квартування з відбором дублікату на зберігання і наважки на шліховий аналіз; знешламлення з виділенням щепи, зернистої частини (піску) та шламу; грохочення зернистої частини (сито 0,5 мм) для вивчення літокластів; роздільна відмивка "сірого шліху I" з зернистої частини та "сірого шліху II" зі шламу; спільне розділення отриманих сірих шліхів у бромоформі; магнітна сепарація (0,1–0,2 Тл) важкої фракцій і отримання магнітної фракцій (МФ); подальша електромагнітна сепарація (0,8–0,9 Тл) з отриманням електромагнітної фракції (ЕМФ) та неелектромагнітної фракцій (НЕМФ) (рис. 1), а також зважування виділених фракцій.

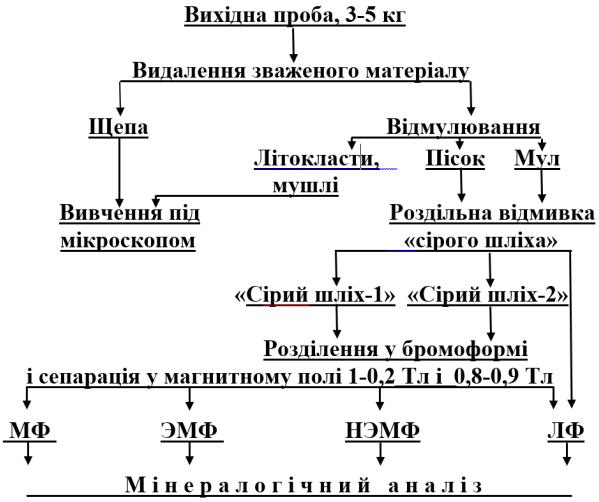

Рис. 1. Схема підготовки проб донного осаду до шліхового мінералогічного аналізу

Отже, вихідна проба в процесі підготовки розділяється на шість фракцій. Кожна з них вивчається мікроскопічними методами. За необхідності виконується палеонтологічний та петрографічний аналізи класу +0,5.

Отримані фракції вивчали за відомими методиками *(Гинзбург и др., 1981)*, з використанням оптичної і растрової електронної мікроскопії (РЕМ), мікрозондового аналізу (МЗА) (аналітик В.В. Пермяков), інших методів. Для узагальнення даних мінералогічного аналізу складено універсальний шаблон у програмі MS Excel. У результаті комп'ютерної обробки в кінцевій таблиці відображені: маса проби і фракцій; масова частка фракцій; вміст мінералів у фракціях в об'ємних і масових відсотках; вміст мінералів у пробі в масових відсотках і в грамах на тонну (г/т). Створений шаблон скорочує витрати часу на математичні розрахунки під час визначення вагового вмісту окремих мінералів у досліджуваному матеріалі та уніфікує результати. А спеціальні перехресні поля для перевірки скорочують вірогідність помилок.

Виклад основного матеріалу. В досліджених пробах донного осаду співвідношення виділених продуктів становить (%): щепа 1–3; літокласти і мушлі 5–9; пісок 70–80; мул 10–20. Рудні розсипоутворювальні мінерали, у тому числі в окремих пробах золото, сконцентровані переважно в "сірому шліху-1", проте значна їх частина постійно присутня і в "сірому шліху-2".

У складі щепи визначені рослинні рештки, диспергований пластик, синтетичні волокна, поліетилен, металеві часточки складної морфології, бітум та інші полютанти (рис. 2).

Літокласти сучасного осаду містять незмінені в корі вивітрювання гірські породи і руди з родовищ, які розроблюються в гірничопромислових регіонах. Для Криворізького залізорудного басейну симптоматичними є червоношаруваті магнетитові кварцити, лужні метасоматити, талькові і кумінгтонітові сланці, пірит, халькопірит, піротин та інші сульфіди, кварц з пилоподібним магнетитом та інші відходи видобутку та збагачення магнетитових кварцитів (рис. 3).

Важка фракція "сірого шліху-1", виділеного з піщаного класу, представлена гранатом, цирконом, ільменітом, рутилом та багатьма іншими рудними і акцесорними мінералами.

Постійним компонентом сучасних делювіально-алювіальних відкладів стали продукти діяльності гірничозбагачувальних і металургійних підприємств. Для донного осаду річок Інгулець і Саксагань характерний підвищений вміст магнетиту. Він представлений кутастими зернами і багатими рудними зростками в гранулометричному класі 0–0,1 мм, і відповідає високоякісному товарному залізорудному концентрату ГЗК Криворізького басейну. Додатково в даний продукт входять вюстит, металічне залізо, магнітні кулі з газоочисних споруд металургійних комбінатів і теплових електростанцій (рис. 4).

Рис. 2. Техногенні компоненти щепи:
а – поліетилен; б– синтетичне волокно; в – мідна проволока з рослинними рештками; г – часточка бітуму.
а, б – р. Інгулець, південна околиця м. Кривий Ріг;
в, г – р. Саксагань, північна околиця м. Кривий Ріг; Бінокуляр. Збільшення: а, б, в – 10^{x}; г – 30^{x}

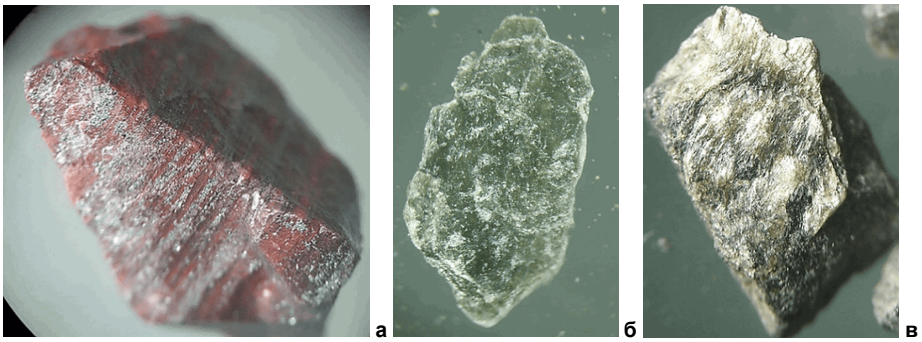

Рис. 3. Незмінені в корі вивітрювання руди, гірські породи і мінерали залізисто-кременистої формації у донному осаді р. Інгулець: червоношаруватий магнетитовий кварцит (а); тальковий (б) і кумінгтонітовий (в) сланці. Бінокуляр. Збільшення – 40^{x}

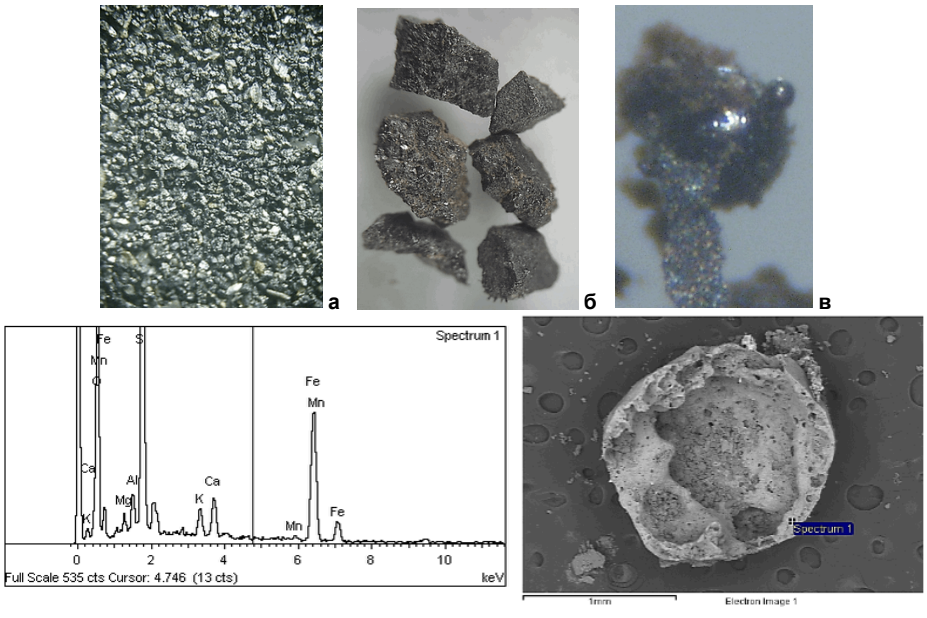

Рис. 4. Продукти гірничо-металургійних підприємств в алювії річок Криворізького залізорудного басейну:
а – втрати магнетитового концентрату ГЗК (р. Інгулець); б – фрагменти рудних магнетитових шарів з відходів попередньої сухої магнітної сепарації збагачувальних фабрик; в – магнітні кульки металургійного походження (р. Інгулець);
г – пустотіла магнітна частинка металургійного шламу (р. Саксагань).
а, б, в – бінокуляр; г – РЕМ, МЗА. Збільшення: а – 30^{x}; б – 50^{x}; в – 60^{x}

Масова частка магнетиту у відкладах постійних водотоків Криворізького регіону коливається від 1–2 % до 8–10 %, і в середньому становить 4–5 %. При цьому загальний вміст магнітного продукту в алювії ріки Інгулець на півдні Криворізького залізорудного басейну досягає 59,55 % і є одним з важливих критеріїв техногенної трансформації гідроекосистеми гірничодобувних регіонів *(Малахов та ін., 2011)*.

У важкій фракції "сірого шліху-2", виділеного з мулу, визначені ті ж рудні і акцесорні мінерали, що і в зернистих класах проб. Відмінність полягає в більш складній морфології, широкому розвитку скульптур росту і розчинення на поверхні частин, великій кількості мікропустот (рис. 5).

Накопичені в пелітових касах пластинки золота (рис. 6), срібла, міді та інших металів, аналогічно до лусочок мусковіту і біотиту, перевищують розміри зерен супутніх мінералів. Разом з легкими мінералами вони здатні мігрувати на значні відстані. Цей відомий ефект детально описаний в працях, присвячених "тонкому" або "пливучому" золоту *(Шнюков та ін., 2010; Шнюков та Иноземцев, 1975; Mykhailov et al., 2013)*.

Апатит, циркон, монацит та інші акцесорії сприяють збільшенню вмісту рідкоземельних елементів у глинистій фракції *(Yang et al., 2002)*. Дане твердження вірне й для чорних, кольорових і благородних металів. Це може мати важливе пошукове значення.

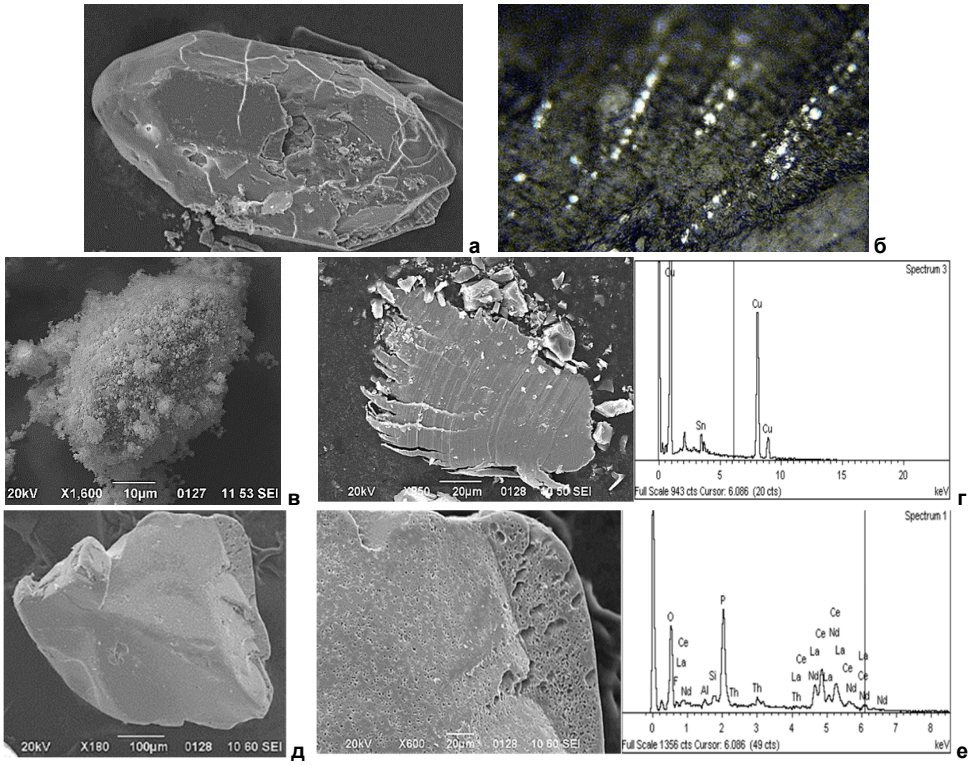

Рис. 5. Важкі мінерали в глинистій фракції донного осадку:
а – розтрісканий і кородований кристал циркону (р. Дніпро);
б – кулеподібні вкраплення сульфідів у вуглефікованих рослинних залишках (р. Інгулець);
в – флокула тонкодисперсних частин на мікрооліті гетиту (Карачунівське водосховище на р. Інгулець);
г – техногенна пластинка міді (р. Дніпро); д, е – пластинчастий монацит зі скульптурами розчинення граней (р. Дніпро).
а, в, г, д, е – РЕМ, МЗА; б – відбите світло. Збільшення: 150Х

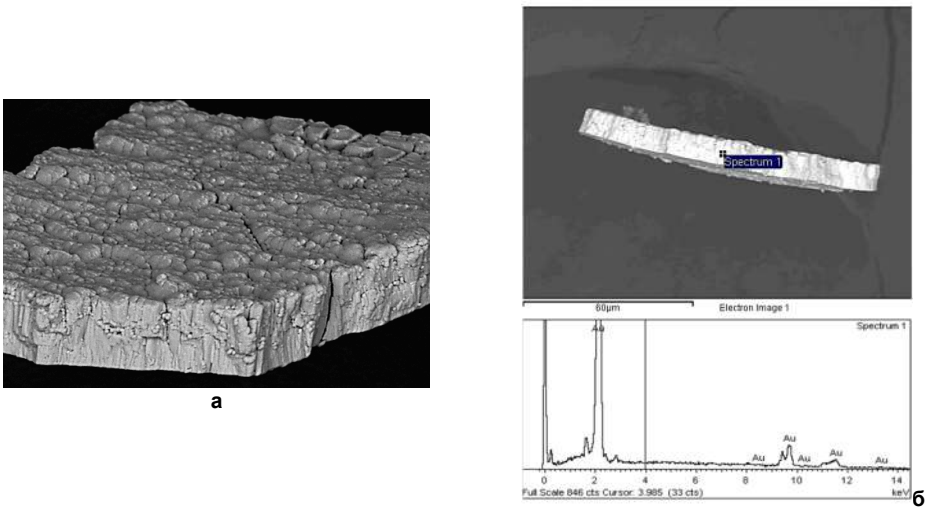

Рис. 6. Пластинчасте скульптуроване золото у верхньому шарі донного осадку р. Дунай. РЕМ, МЗА

У легкій фракції донних осадків домінує кварц і органогенний кальцит. Однак присутні й силікатні кульки з пилу агрегатів металургійних заводів і теплоелектростанцій, технічний графіт, побутове, автомобільне і промислове скло, кірки сульфатів та інших солей з хвостосховищ і шламосховищ підприємств гірничо-металургійного комплексу (рис. 7).

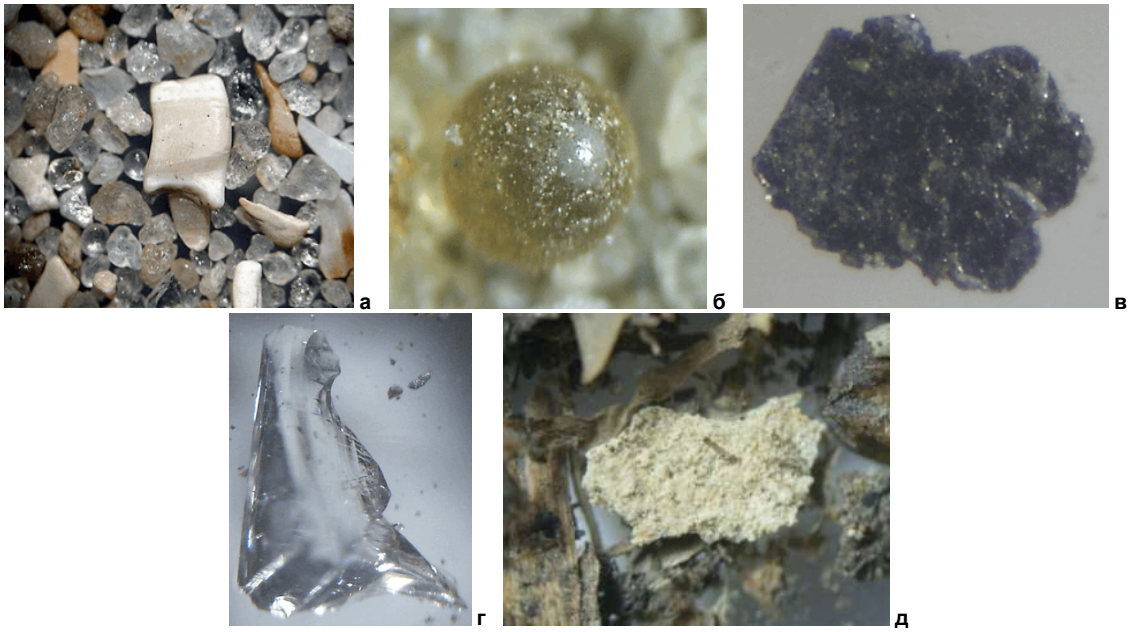

Рис. 7. Компоненти легкої фракції сучасного річкового осадку:
а – кварц і обкатаний мушлевий детрит; б – кулька силікатного скла з пилу металургійного комбінату;
в – пластинка металургійного графіту; г – уламок побутового скла; д –кірка соляних мінералів, осаджених
з дренажної технологічної води хвостосховища ГЗК. а – р. Обитічна; б – г – р. Інгулець; д – р. Саксагань. Бінокуляр.
Збільшення: а – 20Х; б – 100Х; в – 70Х; г – 10Х; д – 5Х

Розроблений алгоритм проведення мінералогічного аналізу донних осадків дає можливість комплексно дослідити відібраний матеріал, всесторонньо його проаналізувати та візуально відобразити результати.

Порівняно з класичною моделлю проведення мінералогічного аналізу, запропонований варіант показав оціночний "приріст" вмісту мінералів у пробі у г/т за рахунок дослідження шламової частини (рис. 8), що може суттєво впливати на прийняття рішення щодо рентабельності господарського використання надр досліджуваної території.

Обговорення результатів. Проведені комплексні дослідження і розширений мінералогічний аналіз показали важливу роль рослинних залишків поверхневих водойм (щепи) в транспортуванні і накопиченні природних і техногенних матеріалів. Найбільш легкі полютанти (пластик, поліетилен, синтетичні волокна і тканини, пакувальний матеріал, різні види нафтопродуктів) змішуються з біомасою в єдиний спутано-волокнистий рухливий продукт, який легко переноситься з суші до морського басейну.

Пелітові класи алювію, що вимиваються з проб осаду при відмулюванні, теж містять значну кількість важких мінералів. У водному потоці пелітові частинки є носіями кулонівських зарядів *(Пустовалов, 1940)*. Золото та інші важкі мінерали часто утворюю лускуваті, голчасті або розщеплені кристали, дендрити складної форми, індивіди і агрегати з великою кількістю внутрішніх пустот (рис. 5, 6). Разом з пелітовими часточками вони формують стійкі міцели, значна рухливість яких обумовлює міграцію золотинок на значну відстань та спільне осадження з мінералами глин. Використання спеціальних методик дозволяє "звільнити" рудні зерна від електростатично заряджених глинистих часточок і виділити їх у відповідні концентрати.

Фактичний вміст рудних мінералів в осадку повинен визначатися як сума даних аналізу "сірого шліху-1" і "сірого шліху-2". Це забезпечує "приріст" цінних у промисловому значенні мінералів на 10–30 %, порівняно з методами шліхових пошуків, які діють на сьогодні.

У публікаціях *(Іванченко, 2019; Іванченко та Чугунов, 2019; Chugunov and Ivanchenko, 2019)* доведена можливість цілеспрямованої трансформації морфології та деяких властивостей пластинчастих частинок золота, срібла, платини, міді та інших металів, у результаті якої вони набувають більш простої форми, ущільнюються і ефективно виділяються в рудний концентрат. Розроблена авторами методика дозволяє рентабельно отримувати цінні метали, акцесорні і рудні мінерали з мулових осадків, які, як правило, збагачені даними компонентами. Саме для реалізації подібних проектів важливо проводити деталізований мінералогічний аналіз

Важливим застосуванням нових методів може стати очистка пляжних пісків і донного осадку, накопиченого під час днопоглиблювальних робіт. Вона дозволяє економічно обґрунтовано отримувати з них концентрати важких мінералів і видаляти з піску небезпечні для здоров'я людини часточки *(Іванченко та ін., 2016)*.

Виявлені у важкій фракції річного мулу незмінені в екзогенних умовах мінерали рудних концентратів і хвостів збагачення свідчать про зростаюче забруднення водних басейнів не лише відходами, але й основною продукцією ГЗК. Даний матеріал містить у собі підвищені концентрації важких металів, присутність яких може бути певною загрозою, якщо управління продукцією та відходами промислових підприємств не здійснюється з урахуванням поширення їх в навколишньому геологічному середовищі. Світовий досвід показує, що вирішення криється в зміні моделі розвитку окремих регіонів *(Wang et al., 2008)*, оскільки фактори, що гальмують промисловий розвиток, одночасно є й проблемами екологічного характеру.

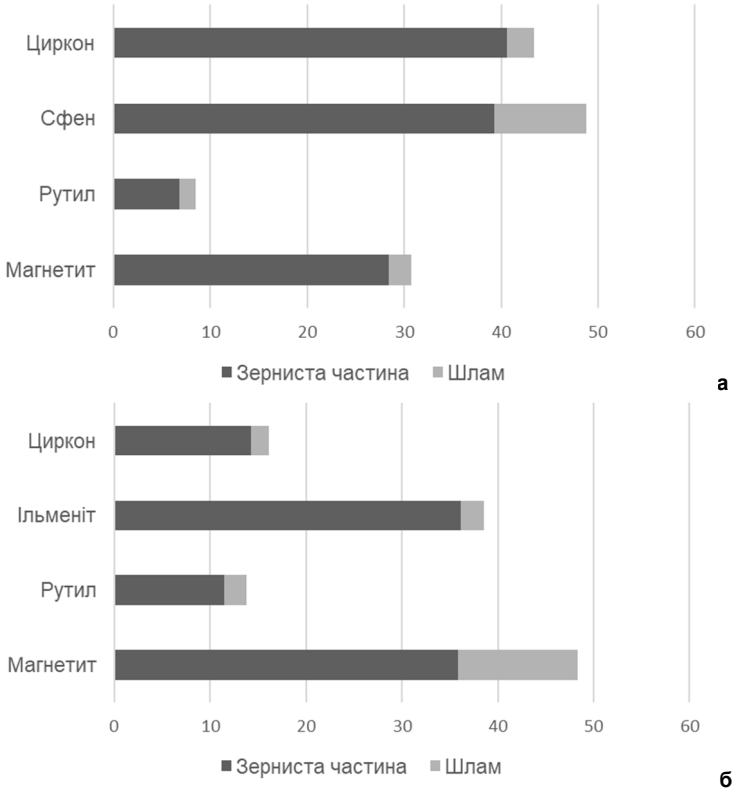

Рис. 8. Вміст деяких акцесорних мінералів у г/т у пробах відібраних:
а – на узбережжі Азовського моря, профіль близько 15 км на захід від м. Бердянськ, з глибин 1,8-2,5 м;
б – на підводному конусі виносу р. Куца Бердянка

Отже, всі фракції і гранулометричні класи сучасних донних відкладів містять суміш природних мінералів, гірських порід і руд з промисловими матеріалами, які забруднюють навколишнє середовище. Тому весь твердий річковий стік у Світовий океан несе в собі потенційну загрозу його мешканцям і людству.

Останнім часом судноплавні компанії всього світу ініціюють штучне поглиблення річкових русел, причалів і акваторії портів. Воно супроводжується значним накопиченням мулистих осадків на підводних і наземних відвалах. З урахуванням високої рухливості отриманого під час днопоглиблювальних робіт донного мулу і неминучого розмиву складів даного матеріалу, виникла необхідність його комплексної переробки.

Сучасні технології штучної трансформації морфології мінеральних зерен і морфоседиментаційної диференціації дають змогу виділяти з відвальних мулів тонке золото та інші природні і промислові метали і сплави, рідкоземельні мінерали, втрачені ГЗК рудні мінерали тощо *(Шнюков та Иноземцев, 1975; Іванченко та Чугунов, 2019; Іванченко та ін., 2016; Chugunov and Ivanchenko, 2019).* Остаточні продукти переробки донних мулів – очищений кварцовий пісок, маршаліт, глинисті мінерали і сапропель – також є цінною сировиною і будуть користуватися попитом у споживачів.

З рослинних залишків, мікропластику, синтетичних тканин і волокон, бітуму та інших нафтопродуктів можна виготовити звуко- і теплоізоляційні матеріали, паливні брикети для виробництва тепла, електроенергії, пару, гарячої води. Утилізація продуктів органічної хімії поблизу джерел її розповсюдження в цьому випадку буде скомбінована з "зеленою енергетикою".

Потенційні перспективи подібних проектів і рентабельність їх реалізації залежить від якісного і деталізованого мінералогічного аналізу матеріалу осадів.

Вдосконалення методів шліхового аналізу враховує зміну умов утворення і складу донних осадків сучасних водойм. Тепер мінералог повинен фіксувати не лише природні літо- і кристалокласти, хемогенні утворення, органічні залишки, а і комплекс апримодних (штучних) компонентів осаду в усіх гранулометричних класах і фракціях осаду.

Висновки. Сучасні донні осадки являють собою несортовану суміш природних і техногенних компонентів. У промислових регіонах вони перекривають природні більш диференційовані відклади з розсипами і точками мінералізації важких мінералів.

На відміну від класичної методики підготовки матеріалу для проведення шліхового мінералогічного аналізу, запропоновані авторами вдосконалення враховують морфоседиментаційні особливості мінералів у донних осадках, дозволяють комплексно дослідити отриманий матеріал, скорочують витрати часу на проведення дослідження за рахунок автоматизації математичних розрахунків.

Значну роль у транспортуванні рудних мінералів від корінних джерел до гирлових і прибережно-морських фацій відіграють рослинні рештки і пелітова компонента осаду. У них накопичується лускувате золото, зерна важких мінералів зі складною морфологією і значним рівнем накопичення електростатичних зарядів. Мулисті фації у верхніх ділянках алювіального розрізу концентрують дрібні лускуваті та дефектні часточки важких мінералів і є перспективними для пошуків розсипів тонкого золота та інших важких мінералів.

Присутність техногенної складової осаду і вплив морфоседиментаційної диференціації речовини слід враховувати при виконанні шліхового аналізу донних осадків сучасних водотоків. Роздільна відмивка "сірого шліху" із псамітової і пелітової компоненти осаду у комплексі з вивченням щепи підвищує ефективність і достовірність пошукових робіт, збільшує вихід важких мінералів у середньому на 20 %, надає шліховому аналізу екологічного значення.

Наведені методики літолого-мінералогічних досліджень доповнюють вчення про осадову диференціацію речовини новими аспектами морфоседиментаційної диференціації седименту. Це дозволяє підвищити рентабельність використання природної мінеральної сировини і одночасно зупинити поширення диспергованих промислових відходів, локалізувавши ефективну переробку полютантів у регіонах їх утворення.

Комплексний підхід до проведення мінералогічного аналізу показує необхідність та перспективність більш активного впровадження нових методів переробки мінеральної сировини при виконанні пошуків, днопоглиблювальних робіт у морських портах і річковому судноплавстві, при поводженні з утвореними в промислових регіонах відходами.

Подяки. Автори дякують академіку Є.Ф. Шнюкову, канд. геол.-мінералог. наук Н.А. Маслакову, канд. техн. наук Ю.Д. Чугунову, інженерам С.Т. Зайцевій, Т.Н. Ільченко, В.Д. Канцер, Н.Р. Журавель та іншим працівникам ДНУ "МорГеоЕкоЦентр НАН України" за цінні поради і надану допомогу під час підготовки матеріалів до публікації.

Список використаних джерел

Гинзбург, А. И., Кузьмин, В. И., Сидоренко, Г. А. (1981). Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. Москва: Недра.

Захарова, Е. М. (1960). Шлиховые поиски и анализ шлихов. Москва: Изд-во Московского университета

Іванченко, В. В. (2019). Морфологічні ознаки мінеральних індивідів і агрегатів як фактор седиментаційної диференціації речовини. *Матеріали наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка,* 1, 159-160.

Іванченко, В. В., Чугунов, Ю. Д. (2019). Штучна трансформація мінеральних зерен і напрямки її використання. *Матеріали наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка,* 1, 161-162.

Іванченко, В. В., Чугунов, Ю. Д., Шнюков, Є. Ф. (2016). Спосіб очищення пляжних пісків. *Патент України на корисну модель №107615, бюл. №11 від 10.06.2016.*

Копченова, Е. В. (1951). Минералогический анализ шлихов. Москва: Государственное издательство геологической литературы.

Малахов, І. М., Альохіна, Т. М., Іванченко, В. В., Бобко, А. О., Агаджанов, М. Є. (2011). Методичні питання вивчення трансформації геологічного середовища у гірничо-видобувних регіонах. Видавництво НАН України. Серія: "Геологічне середовище антропогенної екосистеми".

Пустовалов, Л. В. (1940). Петрография осадочных пород. Ч. 1. Основы литологии (петрологии) осадочных пород. М.-Л.: Гостоптехиздат.

Шнюков, Е. Ф., Гожик, П. Ф., Митропольский, А. Ю. (2010). Развитие литологических исследований в Украине. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України,* 3, 13-19.

Шнюков, Е. Ф., Иноземцев Ю. И. (1975). Источники сноса и абсолютный возраст терригенных минералов современных прибрежно-морских осадков Азовского моря. *Литология и полезные ископаемые*, 1, 120-124.

Chugunov, Y., Ivanchenko, V. (2019). Eco-technology for complex processing of ores and industrial waste. *Proceedings of XIII International Mineral processing and recycling conference. 8–10 may 2019, Belgrade, Serbia,* 172-177.

Karnaukhova, G. A. (2007). Lithological-geochemical differentiation of bottom deposits in the Angara Cascade Reservoirs. *Geochemistry International*, 45.4, 390-398.

Mykhailov V., Guliy V., Kovtun O., Sydorchuk V., Nakonechna Yu. (2013). The morphology and composition of Liberia placer gold. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 4 (63), 45-49.

Rapson, J. E. (1965). Petrography and derivation of Jurassic-Cretaceous clastic rocks, southern Rocky Mountains, Canada. *AAPG Bulletin,* 49.9, 1426-1452.

Wang, M. et al. (2008). Rural industries and water pollution in China. *Journal of Environmental Management,* 86.4, 648-659.

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), 407-419.

References

Chugunov, Yu.D., Ivanchenko, V.V. (2019). Eco-technology for complex processing of ores and industrial waste. *Proceedings of XIII International Mineral processing and recycling conference. 8–10 may 2019*, *Belgrade, Serbia,* 172-177.

Ginzburg, A.I., Kuz'min, V.I., Sidorenko, G.A. (1981). Mineralogicheskie issledovanija v praktike geologorazvedochnyh rabot. Moscow: Nedra [in Russian]

Ivanchenko, V.V. (2019). Morfolohichni oznaky mineralnykh indyvidiv i ahrehativ yak faktor sedymentatsiinoi dyferentsiatsii rechovyny. *Materialy naukovoi konferentsii, prysviachenoi 50-richchiu Instytutu heokhimii, mineralohii ta rudoutvorennia imeni M.P. Semenenka, Kyiv,* 1, 159-160. [In Ukrainian]

Ivanchenko, V.V., Chuhunov, Yu.D. (2019). Shtuchna transformatsiia mineralnykh zeren i napriamky yii vykorystannia. *Materialy naukovoi konferentsii, prysviachenoi 50-richchiu Instytutu heokhimii, mineralohii ta rudoutvorennia imeni M.P. Semenenka*, *Kyiv,*1, 161-162. [In Ukrainian]

Ivanchenko, V.V., Chuhunov, Yu.D., Shniukov, Ye.F. (2016). Sposib ochyshchennia pliazhnykh piskiv. *Patent Ukrainy na korysnu model №107615, biul. №11 vid 10.06.2016.* [In Ukrainian]

Karnaukhova, G.A. (2007). Lithological-geochemical differentiation of bottom deposits in the Angara Cascade Reservoirs. *Geochemistry International*, 45.4, 390-398. https://doi.org/10.1134/S0016702907040064

Kopchenova, E.V. (1951). Mineralogicheskij analiz shlihov. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo geologicheskoj literatury. [in Russian]

Malakhov, I.M., Alokhina, T.M., Ivanchenko, V.V., Bobko, A.O., Ahadzhanov, M.Ie. (2011). Metodychni pytannia vyvchennia transformatsii heolohichnoho seredovyshcha u hirnycho-vydobuvnykh rehionakh. Vydavnytstvo NAN Ukrainy. Seriia: "Heolohichne seredovyshche antropohennoi ekosystemy". [In Ukrainian]

Mykhailov, V., Guliy, V., Kovtun, O., Sydorchuk, V., Nakonechna, Yu. (2013). The morphology and composition of Liberia placer gold. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 4(63), 45-49.

Pustovalov, L.V. (1940). Petrografija osadochnyh porod. Part 1. Osnovy litologii (petrologii) osadochnyh porod. Moscow: Gostoptehizdat. [in Russian]

Rapson, J.E. (1965). Petrography and derivation of Jurassic-Cretaceous clastic rocks, southern Rocky Mountains, Canada. *AAPG Bulletin*, 49(9), 1426-1452.

Shnjukov, E.F., Gozhik, P.F., Mitropol'skij, A.Ju. (2010). Razvitie litologicheskih issledovanij v Ukraine. *Zb. nauk. pr. Institutu geologichnih nauk NAN Ukrayni*, 3, 13-19. [in Russian]

Shnjukov, E.F., Inozemcev, Ju.I. (1975). Istochniki snosa i absoljutnyj vozrast terrigennyh mineralov sovremennyh pribrezhno-morskih osadkov Azovskogo morja. *Litologija i poleznye iskopaemye*, 1, 120-124. [in Russian]

Wang, M. et al. (2008). Rural industries and water pollution in China. *Journal of Environmental Management*, 86.4, 648-659. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.019

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), 407-419. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(02)00715-X

Zaharova, E.M. (1960). Shlihovye poiski i analiz shlihov. Moscow: Iz-vo Moskovskogo universiteta. [in Russian]

Надійшла до редколегії 24.01.21

V. Ivanchenko[1], PhD (Geol.-Min.),
E-mail: vvivanchenko@ukr.net;
L. Berozkina[1], PhD student,
E-mail: lkurazyeyeva@gmail.com;
V. Stetsenko[2], PhD (Geol.), Assoc. Prof.,
E-mail: stesenko-4@meta.ua;
L. Kovalchuk[1], PhD (Geol.), Senior Researcher,
E-mail: nummulites66@gmail.com;
[1]SSI "Center for Problems of Marine Geology, Geoecology and Sedimentary Ore Formation of the NAS of Ukraine",
37g Pushkin Str., Kryvyi Rih, 50000, Ukraine;
[2]SHEI "Kryvyi Rih National University",
37 Pushkin Str., Kryvyi Rih, 50000, Ukraine

SCHLICH MINERALOGICAL ANALYSIS FOR RESEARCH OF MODERN BOTTOM SEDIMENTS

Gold and other heavy minerals often form scaly, leafy, needle-like or split crystals, dendrites of complex shape, individuals and aggregates with a large number of internal cavities. Significant mobility of these particles in water and air streams causes their separation from the psammitic component of sediment and deposition together with clay minerals. During preparatory stages for mineralogical analysis, such crystals of heavy minerals fall into slime part. According to classical algorithm of schlich mineralogical analysis slime part is thrown away. So it leads to losses of rich minerals and an incorrect analysis.

The main purpose of the article is to present the new algorithm for the preparation of the bottom sediments samples for the mineralogical analysis and to demonstrate practical benefits of it.

Authors propose the meliorated methods of mineralogical analysis considering comprehensive study of test material. The real natural composition of ore minerals in the sediments consists of adding the data "heavy concentrate-1" and "heavy concentrate-2". This provides an increase in industrial value of minerals by 10-30%, compared with the methods of prospecting that operate today. Such detailed analysis showed that modern bottom sediments include both natural components and man-made materials (plastic, polyethylene, synthetic fibers and fabrics, fuel, various types of petroleum products, metallurgical and household waste).

Mineralogical analysis can be used as an ecological method for assessing the environmental pollution and reviewing the types of pollutants. The estimation of mineral reserves according to new methodology opens opportunities for profitable field development of poor polymetallic deposits. The study of bottom sediments by such a method indicates the need to clean hydrogeoecosystems and stimulates the development of new recycling methods in the economy and the waste-free production, for example, cleaning beaches from heavy metals and waste, complex sludge processing after dredging works in riverbeds, berths and port waters.

Keywords: bottom sediments, mineralogical analysis, industrial region, ecology.

В. Иванченко[1], канд. геол.-минералог. наук,
E-mail: vvivanchenko@ukr.net;
Л. Берёзкина[1], асп.,
E-mail: lkurazyeyeva@gmail.com;
В. Стеценко[2], канд. геол. наук, доц.,
E-mail: stesenko-4@meta.ua;
Л. Ковальчук[1], канд. геол. наук, ст. науч. сотруд,
E-mail: nummulites66@gmail.com;
[1]ГНУ "Центр проблем морской геологии, геоэкологии и осадочного рудообразования НАН Украины",
ул. Пушкина, 37-г, г. Кривой Рог, 50000, Украина;
[2]ГВУЗ "Криворожский национальный університет",
ул. Пушкина, 37, г. Кривой Рог, 50000, Украина

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ШЛИХОВОГО АНАЛИЗА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ

Минералогический анализ один из ключевых методов исследования компонентного состава донных осадков поверхностных водоемов. По его результатам выполняется оценка потенциала территории для хозяйственного использования. Во время проведения шлихового минералогического анализа по классической схеме, возникают потери ценных минералов на стадии отмучивания. Зерна тяжелых минералов в процессе транспортировки водным потоком приобретают сложную морфологическую структуру, становятся тонкими, трещиноватыми, пористыми и, как следствие, более плывучими. Поэтому в процессе подготовки пробы к минералогическому анализу весомая часть минералов тяжелой фракции попадает в шламовую часть, которая не рассматривается. Предложенная авторами улучшенная схема подготовки пробы для исследования позволяет детальнее изучить материал с учетом мути, а, следовательно, уменьшить потери ценных составляющих. Такой подход повышает качество анализа и позволяет комплексно изучить состав донных осадков. Выводы сделаны на примере проб, отобранных на территории Украины, в частности, с дна больших рек Черноморского бассейна, речек и балок Криворожья, малых рек Северного Приазовья.

В ходе проведения исследований во всех полученных фракциях были найдены не только природные компоненты, но и полютанты в основном в виде диспергированного пластика, синтетических волокон, битума, отходов и продуктов деятельности металлургических предприятий. Минералогический анализ, выполненный согласно с развернутой методикой, открывает перспективы для рентабельного использования специально разработанных методик для выделения ценных минералов и компонентов из донных осадков и очистки природного материала от вредных примесей. Таким образом, метод превращается в экологический инструмент и ключ к безотходному использованию природных ресурсов.

Ключевые слова: донные осадки, минералогический анализ, промышленный регион, экология.